

ATLAS DES CONNAISSANCES SUR LES EAUX SOUTERRAINES DU SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN

Ville de Saguenay

PROJET
ARIM'eau

Accompagnement

Recherche

Implantation

Mise à jour des données

eau souterraine

Puits municipal exploité

Granulaire



3 500

1 028 L/min

Aucun

Mn

Avant traitement

Nappe libre

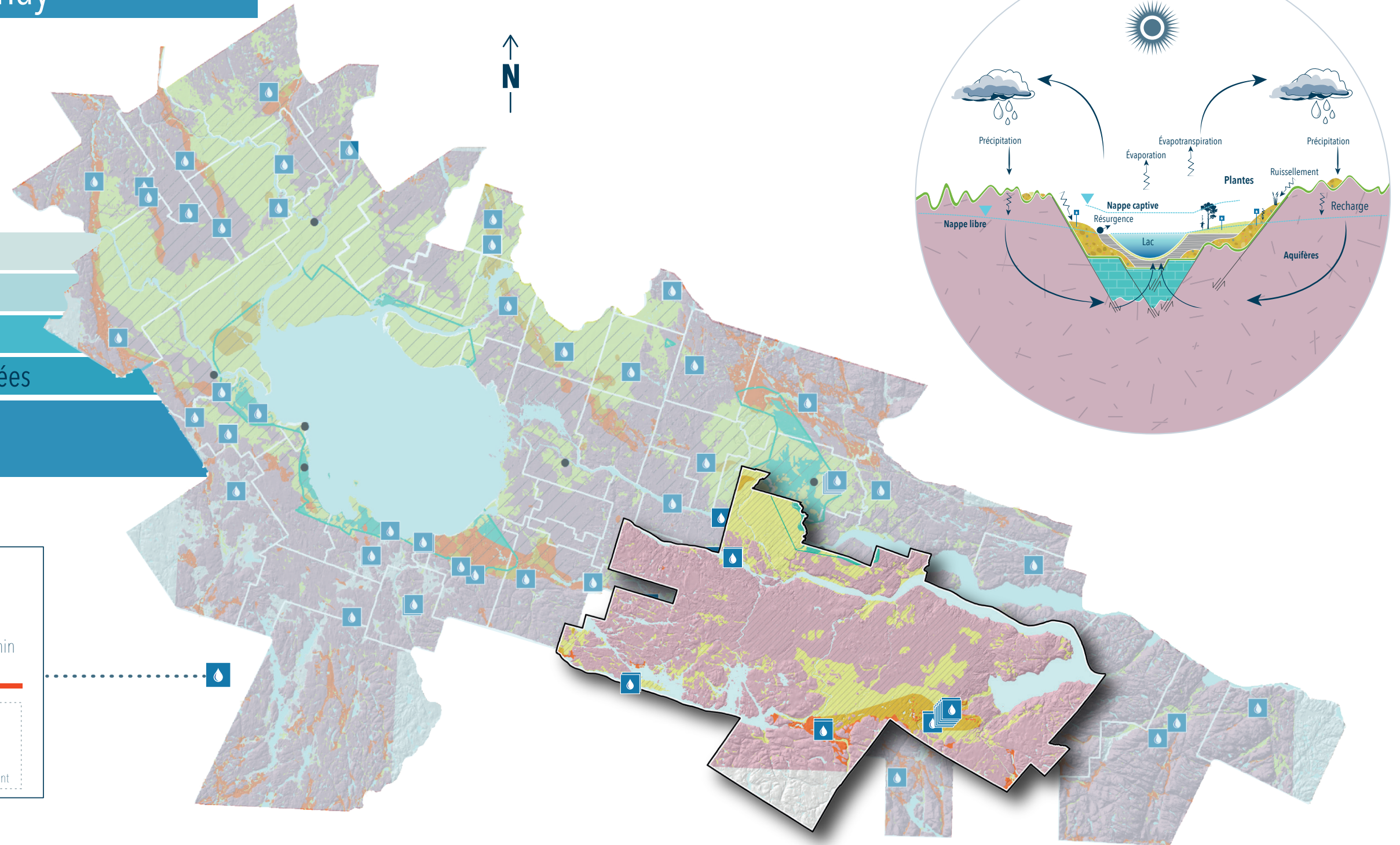


TABLE DES MATIÈRES

ATLAS DES CONNAISSANCES SUR LES EAUX SOUTERRAINES DU SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN

Projet ARIM'eau - Accompagnement - Recherche - Implantation - Mise à jour des données - eau souterraine

Ville de Saguenay

Le Projet ARIM'eaupage 2

1. NOTIONS HYDROGÉOLOGIQUESpage 3

1.1. AQUIFÈRES page 3

1.2. CONFINEMENT : NAPPE LIBRE/NAPPE CAPTIVE..... page 3

1.3. PROPRIÉTÉS HYDRAULIQUES DES AQUIFÈRES page 4

1.4. SURFACE PIÉZOMÉTRIQUE ET DIRECTION D'ÉCOULEMENT page 5

1.5. MILIEUX HUMIDES page 5

2. POPULATION ET DÉMOGRAPHIE.....page 6

2.1. LA RÉGION DU SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN page 6

2.2. VILLE DE SAGUENAY..... page 6

3. COUPE CONCEPTUELLE DES PRINCIPAUX CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES.....page 7

3.1. GÉOLOGIE ET HYDROGÉOLOGIE DES DÉPÔTS MEUBLES page 8

3.2. TOPOGRAPHIE ET PHYSIOGRAPHIE page 9

3.3. GÉOLOGIE ET HYDROGÉOLOGIE DU SOCLE ROCHEUX page 9

3.4. MILIEUX HUMIDES page 10

4. CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES ET PUIITS MINICIPAUX EN EXPLOITATION.....page 11

4.1. ÉCHELLES DES CARTES ET MISE EN GARDE..... page 13

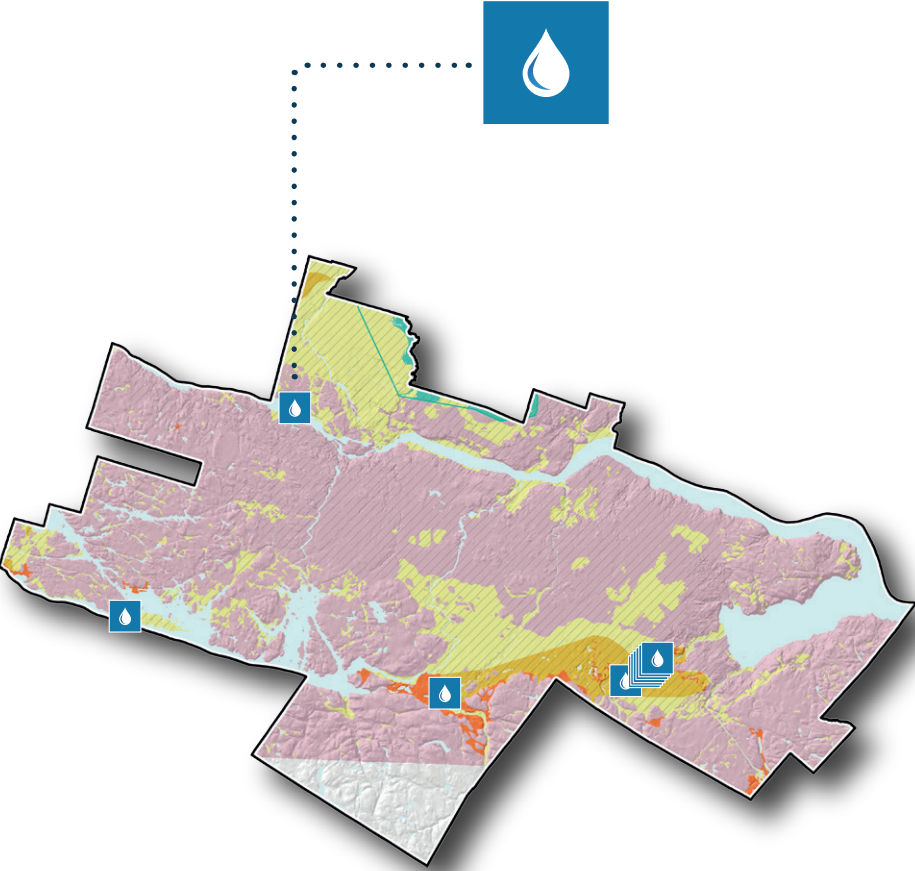
4.2. GÉOCHIMIE DE L'EAU DES AQUIFÈRES DU TERRITOIRE ET DÉPASSEMENTS DE NORMES page 14

4.3. CIRCULATION DE L'EAU SOUTERRAINE..... page 15

4.4. EXPLOITATION DES AQUIFÈRES ET RECOMMANDATIONS..... page 15

5. ANNEXES page 16

INDEX ET RÉFÉRENCES



Le projet ARIM'eau

Le projet **ARIM'eau** fait suite au Programme d'Acquisition de Connaissances sur les Eaux Souterraines qui a été réalisé au Saguenay-Lac-Saint-Jean (**PACES-SLSJ**) entre 2009 et 2013.

Le comité **ARIM'eau** a été mis en place en 2017 et sa mission principale vise l'interaction entre les chercheurs de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) et les intervenants du milieu dans le cadre de la protection et la mise en valeur des eaux souterraines au Saguenay-Lac-Saint-Jean (SLSJ).

Les membres de la structure organisationnelle du comité ARIM'eau sont les suivants :

- ▶ Les cinq (5) municipalités régionales de comté (MRC) du SLSJ (partenaires financiers);
- ▶ La Première Nation des Pekuakamiulnuatsh (partenaires financiers);
- ▶ Les deux (2) organismes de bassins versants (OBV) du SLSJ (observateurs);
- ▶ Les experts sur les eaux souterraines du Centre d'études sur les ressources naturelles (CERM) de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) (prestataires de services);

Le projet **ARIM'eau** est articulé autour de quatre (4) grands axes :

- ▶ Accompagnement et interaction avec les intervenants du milieu dans les problématiques liées aux eaux souterraines;
- ▶ Recherche appliquée sur les eaux souterraines;
- ▶ Implantation et transfert des résultats issus du PACES-SLSJ;
- ▶ Mise à jour de la base de données géospatiale PACES-SLSJ en intégrant de la nouvelle donnée.



Le CERM

Le Centre d'Étude sur les Ressources Minérales a pour mission de développer et de coordonner les activités de recherche dans le domaine des ressources minérales à l'Université du Québec à Chicoutimi.

La recherche au CERM porte sur les éléments suivants :

- ▶ l'exploration minérale et les processus métallogéniques;
- ▶ les eaux souterraines et l'hydrogéomécanique;
- ▶ la formation et l'évolution de la croûte précambrienne.



En plus de développer des connaissances sur les ressources minérales et de soutenir la formation de jeunes chercheurs, le CERM représente un acteur socio-économique important dans la région du Saguenay – Lac-Saint-Jean en participant aux différentes stratégies régionales visant les eaux souterraines, les minéraux industriels et le développement minéral.

Pour en savoir plus : cerm.uqac.ca

L'équipe de recherche du CERM

Professeurs-Chercheurs : Julien Walter, Romain Chesnaux et Réal Daigneault

Professeur émérite : Alain Rouleau

Professionnelles de recherche : Mélanie Lambert et Anouck Ferroud

Attaché d'administration / Comptabilité : Pierre-Luc Bilodeau

Remerciements

Ce projet a été rendu possible grâce à la contribution financière des Premières Nations et des cinq (5) MRC du Saguenay-Lac-Saint-Jean dont les représentants sur le comité ARIM'eau sont :

- ▶ David Cleary et Alexandre Paul (Pekuakamiulnuatsh Takuhikan),
- ▶ Audrey Bédard et Patrice Fradette (Ville de Saguenay),
- ▶ Nathalie Audet (MRC de Lac-Saint-Jean-Est),
- ▶ Marc-Eddy Jonathas (MRC de Maria-Chapdelaine),
- ▶ Danny Bouchard (MRC du Domaine-du-Roy),
- ▶ Steve Lemire (MRC du Fjord-du-Saguenay).



Nous tenons également à remercier la participation des deux (2) OBV du Saguenay-Lac-Saint-Jean sur le comité ARIM'eau dont les représentants sont :

- ▶ Marco Bondu et Lisane Gamache (OBV Saguenay)
- ▶ Anne Malamoud (OBV Lac-Saint-Jean)



Les auteurs tiennent à remercier aussi le personnel des municipalités du Saguenay-Lac-Saint-Jean et de Pekuakamiulnuatsh Takuhikan qui ont fourni de nouvelles informations hydrogéologiques sur leur territoire.

Nous tenons à souligner également la contribution de plusieurs personnes à l'UQAC soit, les stagiaires: Mike Bellemare, Anne-Marie Proulx, Alexandre Leclerc, Damien Le Gall, Hadrien Siney, Julien Berthe, Vàn-Hà-Aurélia Clément et Alexandre Montero-Gagnon ; les étudiants de l'Unité d'enseignement des sciences de la Terre : Laura-Pier Perron-Desmeules, Roxane Tremblay, Frédérique Noël-Charest, Ibrahima Diallo, Aboubacar Sidiki Koulibaly, David Dallaire, Geoffrey Cyr et Félix Perron.

Citation

CERM-ARIM'eau 2020 – Atlas des connaissances sur les eaux souterraines du Saguenay-Lac-Saint-Jean – Ville de Saguenay. Centre d'études sur les ressources minérales, Université du Québec à Chicoutimi.

1.1. AQUIFÈRES

Un **aquifère** est un **milieu géologique perméable** comportant une zone saturée (et possiblement une zone non saturée) et suffisamment **conducteur d'eau souterraine** pour permettre l'écoulement significatif d'une nappe souterraine et le captage de quantités d'eau appréciable.

Les aquifères peuvent être granulaires ou de socle rocheux fracturé.

Un **aquitard** est un **milieu très peu perméable** dans lequel l'eau souterraine s'écoule difficilement ce qui ne permet pas le captage de quantité d'eau appréciable. En revanche, cette couche semi-perméable permet des transferts d'eau d'un aquifère à un autre (**flux de drainage**). Un **aquiclude** est un **milieu extrêmement peu perméable** à travers lequel **aucun flux de drainage** n'est possible.

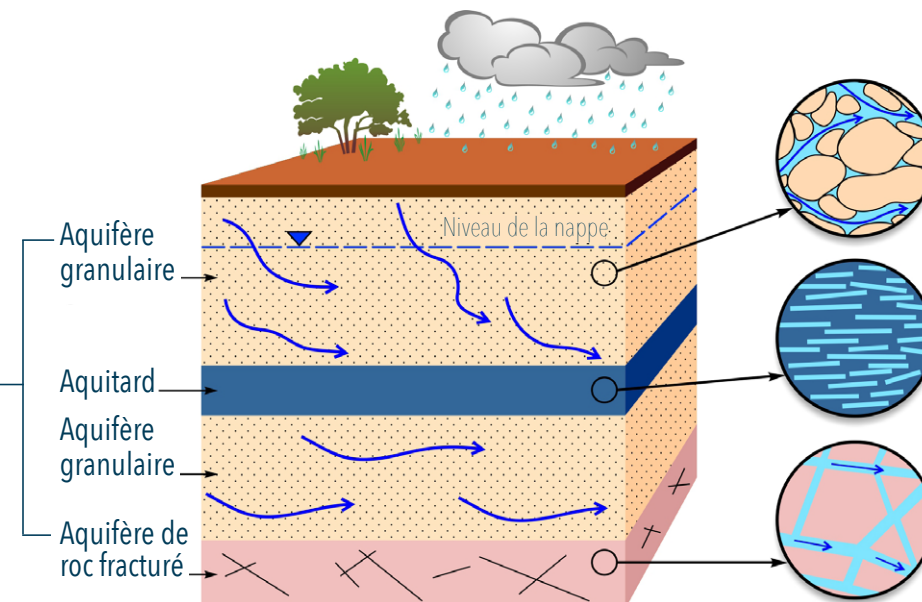


Figure 1 : Modèle conceptuel des aquifères granulaires et de socle rocheux fracturé. <https://rqes.ca/introduction-a-lhydrogeologie/>

Dans les **aquifères granulaires**, l'eau circule à travers les interstices (vides) entre les grains ou les cristaux de sable et gravier du milieu.

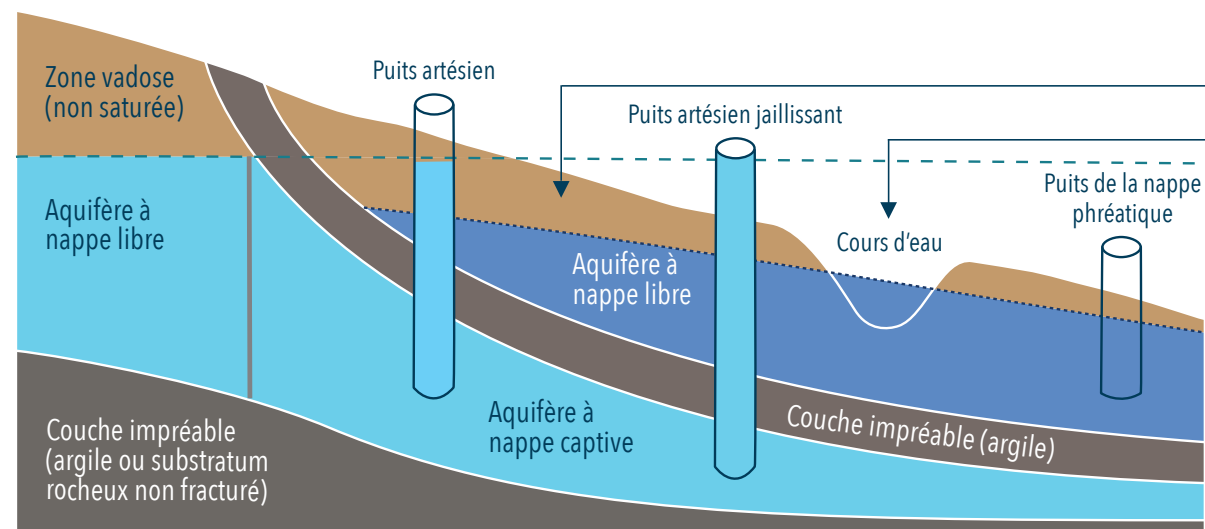
Dans les **aquifères de socle rocheux fracturé**, l'eau circule à travers un réseau interconnecté de fractures.

1.2. CONFINEMENT : NAPPE LIBRE/NAPPE CAPTIVE

Les aquifères, qu'ils soient granulaires ou de socle rocheux fracturé, peuvent présenter **des conditions de nappe captive ou libre**.

L'état de confinement d'un aquifère se définit à partir du niveau (ou surface) piézométrique par rapport au contexte géologique.

Ce **niveau piézométrique** représente le **niveau d'eau** qui est mesuré dans un tube ou un forage qui atteint la **nappe**. Cette mesure est réalisée avec un piézomètre. Le niveau piézométrique caractérise la pression de la nappe en un point donné. La mesure est exprimée soit par la profondeur sous la surface, soit par l'élévation par rapport au zéro du niveau de la mer.



Surface piézométrique de la nappe captive (pression supérieure à la pression atmosphérique)

Surface piézométrique de la nappe libre (pression en équilibre avec la pression atmosphérique)

Un aquifère à **nappe libre** est un aquifère où le niveau piézométrique est en équilibre avec la pression atmosphérique. Dans les aquifères à **nappe captive**, la surface piézométrique est située au-dessus du toit de la nappe, la pression est donc supérieure à la pression atmosphérique. Un même aquifère peut présenter des conditions de nappe libre à certains endroits et captive aux autres endroits, selon les conditions de confinement.

Figure 2 : Schéma conceptuel de l'état de confinement des aquifères : nappe libre/nappe captive.

1.3. PROPRIÉTÉS HYDRAULIQUES DES AQUIFÈRES

La **conductivité hydraulique** est la capacité d'un milieu aquifère à laisser circuler l'eau sous l'effet d'une différence de charge hydraulique. Ainsi, plus la conductivité hydraulique d'un milieu est élevée plus l'extraction de l'eau souterraine y est facilitée.

Les **aquifères composés de graviers grossiers** constituent d'excellents aquifères et présentent une conductivité hydraulique très bonne, de l'ordre de 1 m/s. Cette conductivité hydraulique signifie que le milieu géologique laisse circuler l'eau à une vitesse de 3.6 km/h, donc en 1 mois, une goutte d'eau souterraine peut parcourir 2 700 km et en 1 année, elle peut en parcourir 31 536 km.



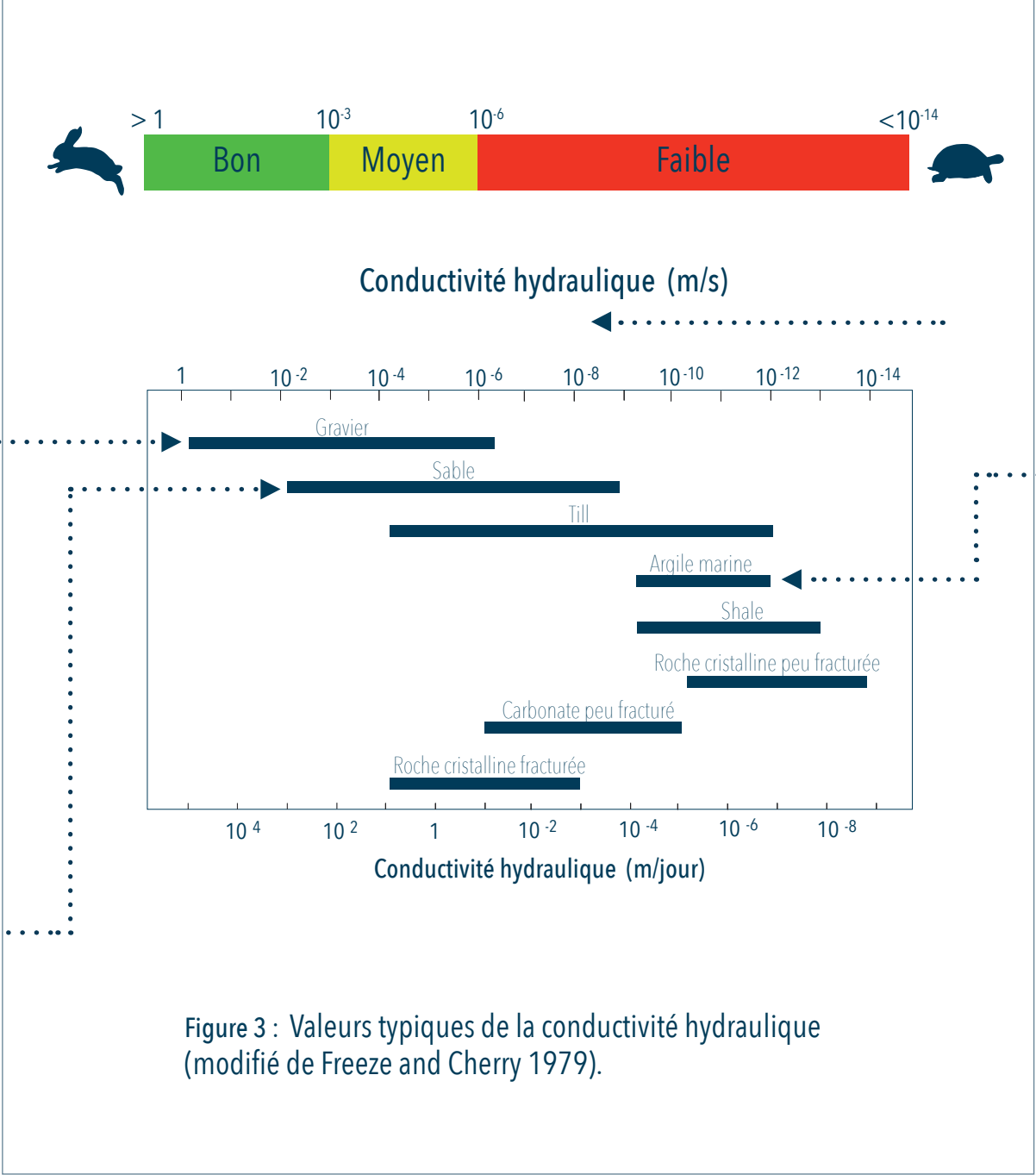
Les **aquifères composés de sables grossiers** constituent des milieux géologiques avec une conductivité hydraulique relativement bonne, de l'ordre de 10^{-3} m/s, qui permet à l'eau de parcourir 86 m en 1 jour, soit 2.7 km en 1 mois, ce qui revient à 31 km en 1 année.



Les aquifères avec une conductivité hydraulique relativement faible, de l'ordre de 10^{-6} m/s, tels que **des aquifères composés de sables fins** permettent à l'eau souterraine de parcourir 2.7 m en 1 mois, soit 31 m en 1 année.



POUR DONNER QUELQUES ORDRES DE GRANDEUR



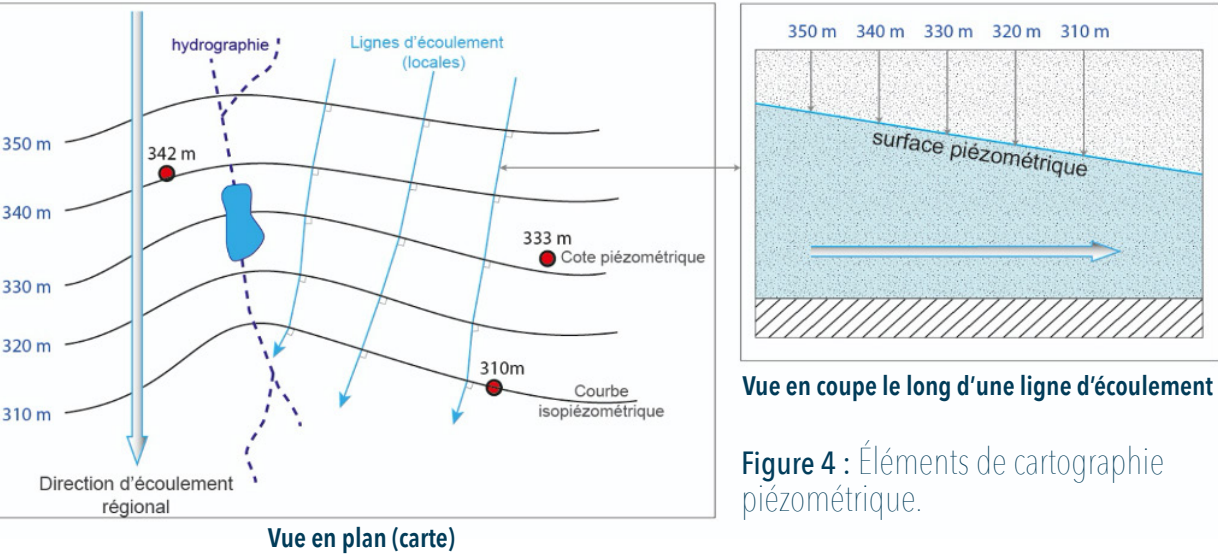
Les **argiles marines** sont considérées comme très peu perméables voir quasi imperméables, avec une conductivité hydraulique de l'ordre de 10^{-10} m/s. Cette très faible conductivité hydraulique induit une lente circulation de l'eau souterraine lui permettant de parcourir seulement 3 mm en 1 année. Ces milieux géologiques très faiblement perméables ne sont pas considérés comme étant des aquifères, mais comme des aquitards, car ils ne permettent pas un écoulement de l'eau souterraine suffisant pour être exploitable.



Localement, il peut y avoir des gammes de conductivité hydraulique légèrement différentes des gammes présentées dans le présent document (notamment les gammes du potentiel aquifère bon, moyen, faible et des gammes proposées par Freeze et Cherry (1979)).

1.4. SURFACE PIÉZOMÉTRIQUE ET DIRECTION D'ÉCOULEMENT

À l'image d'une cartographie topographique de surface, la connaissance de plusieurs cotes piézométriques sur un territoire permet d'estimer des courbes de même cote, ou courbes isopiézométriques définissant la surface piézométrique ou plus simplement la **piézométrie** de la nappe considérée (figure 4).



La **direction de l'écoulement** est généralement **perpendiculaire aux courbes isopiézométriques**, avec un **sens d'écoulement allant des piézométries élevées vers les plus faibles**.

La détermination de la direction de l'écoulement en un point varie généralement selon la superficie du territoire considéré et sa précision dépend directement du nombre de points de mesure.

1.5. MILIEUX HUMIDES

Les **milieux humides** sont des portions de territoires caractérisés par la **présence d'eau**. L'eau peut y être **stagnante ou courante** ainsi que **douce, salée ou saumâtre**. Ces territoires peuvent être **naturels ou artificiels** et sont (ou ont été) inondés ou gorgés d'eau de façon **permanente ou temporaire**.

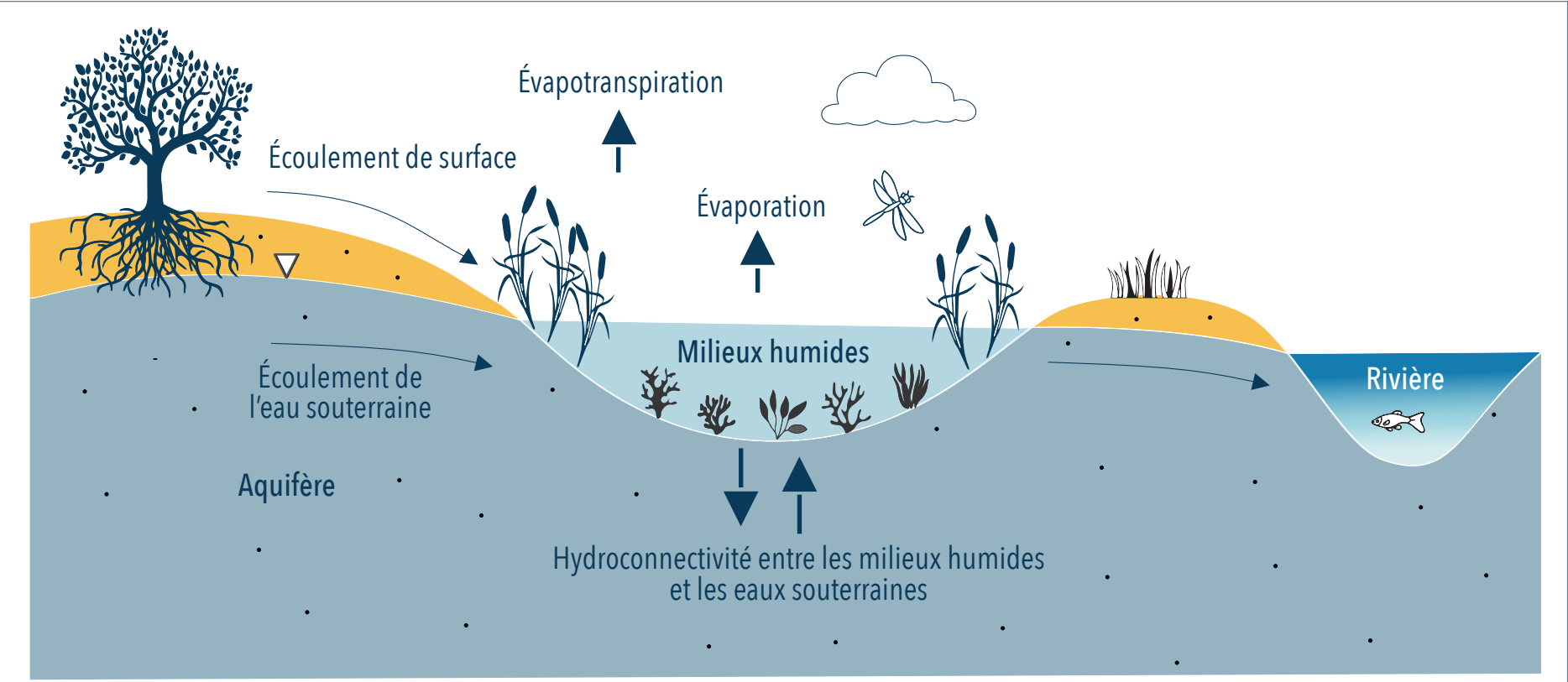
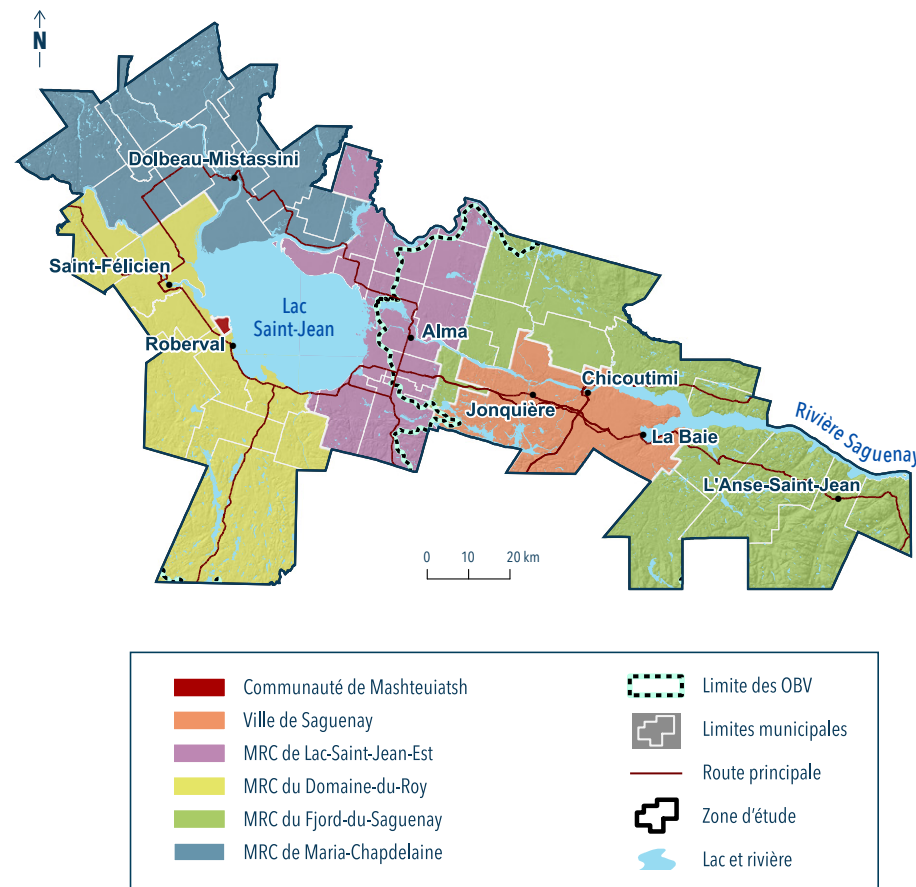


Figure 5 : Processus et fonctions associés aux milieux humides.

Les milieux humides se caractérisent par une végétation dominée par des plantes hygrophiles (qui nécessitent un taux d'humidité relativement important pour leur bon développement) ou des sols hydromorphes (qui montrent des marques physiques d'une saturation régulière en eau).

- D'un point de vue hydrogéologique, les milieux humides sont intimement intégrés dans le cycle de l'eau, car ils reçoivent l'eau de ruissellement, participent à l'évaporation et l'évapotranspiration et ils peuvent échanger de l'eau avec les aquifères.
- Cette hydroconnectivité entre les milieux humides et les eaux souterraines peut évoluer dans le temps. Les milieux humides peuvent parfois agir en tant que **zones de recharge** et permettent une alimentation des aquifères. Ils peuvent également constituer des **zones de décharge** des aquifères.

2.1. LA RÉGION DU SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN

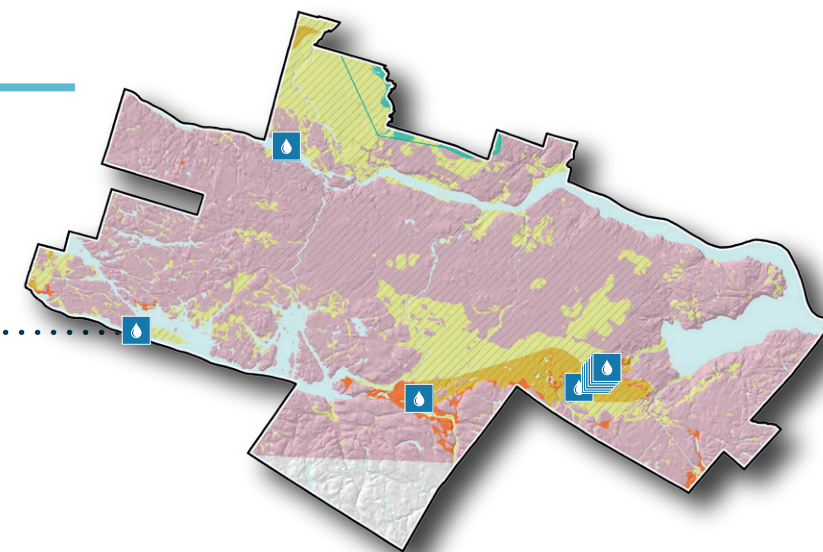


La grande région du **Saguenay-Lac-Saint-Jean (SLSJ)** comprend la Ville de Saguenay, les quatre municipalités régionales de comté (MRC), Domaine-du-Roy, Fjord-du-Saguenay, Lac-Saint-Jean-Est et Maria-Chapdelaine, et la Première Nation des Pekuakamiulnuatsh (communauté de Mashteuiatsh). Au total, la région possède une population d'environ **276 000 habitants**. Le secteur municipalité de la région du SLSJ possède une superficie de **13 210 km** et se divise en 49 municipalités. Deux organismes de bassins versants (OBV) couvrent le territoire du SLSJ : l'OBV Lac-Saint-Jean (à l'ouest) et l'OBV Saguenay (à l'est).

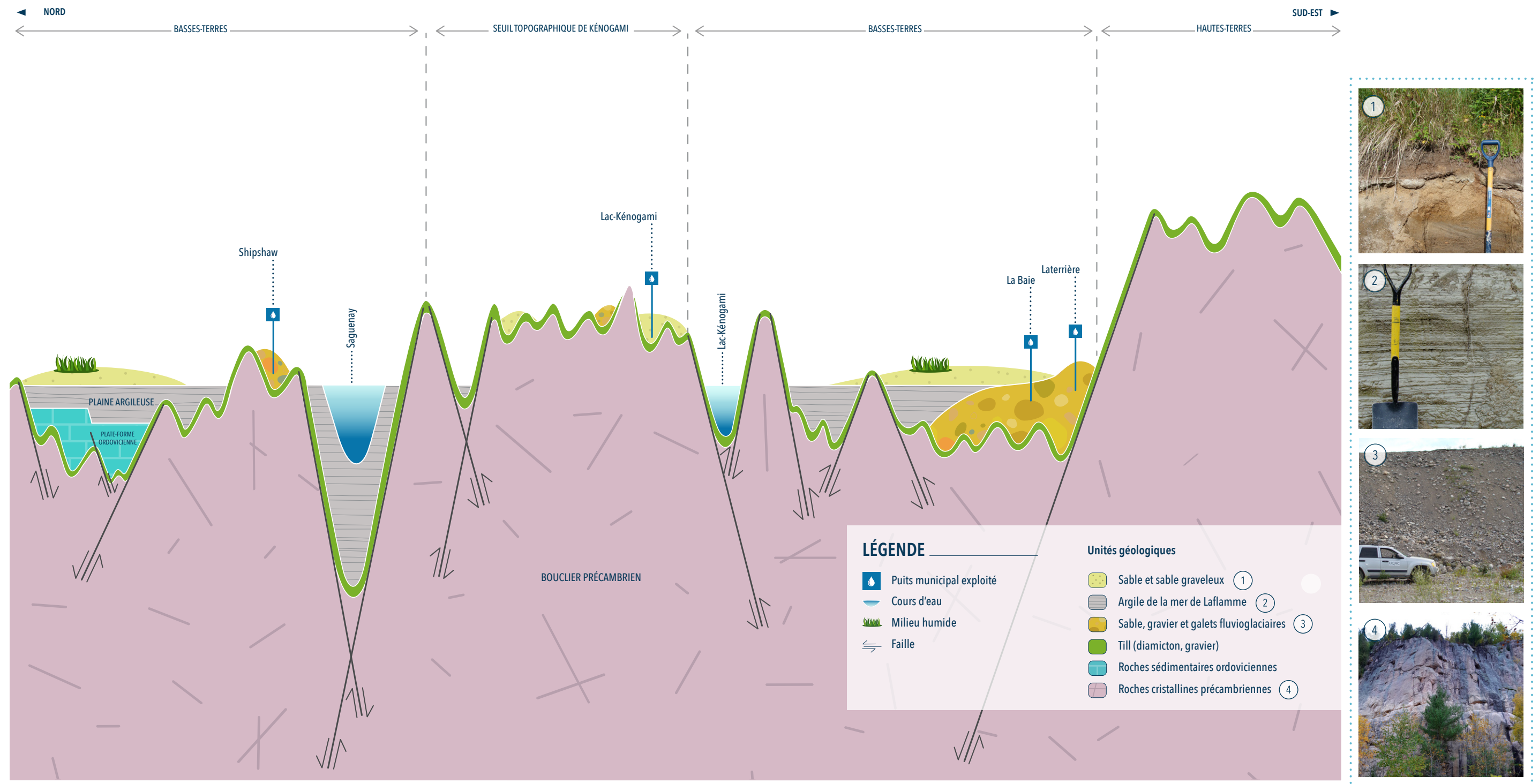
Pour plus d'information sur le territoire du SLSJ, il est possible de consulter l'Atlas des eaux souterraines du Saguenay-Lac-Saint-Jean (CERM-PACES, 2013) produit par l'équipe du CERM dans le cadre du programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines au SLSJ (PACES-SLSJ).

2.2. VILLE DE SAGUENAY

Le territoire de Ville de Saguenay compte **3 arrondissements urbains**, Chicoutimi, Jonquière et La Baie, et leurs secteurs périphériques: Laterrière, Canton Tremblay, Lac-Kénogami et Shipshaw. Ville de Saguenay comprend **une population de 146 606 habitants** (MAMH, 2020) répartis sur une superficie de 2 446 km².



3 | COUPE CONCEPTUELLE* DES PRINCIPAUX CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES du territoire municipalisé de la Ville de Saguenay



*Une **coupe conceptuelle** est une **représentation schématique et non à l'échelle** de la section d'un terrain sur un plan vertical qui vise à souligner le **contexte géologique général** du territoire d'étude afin d'en présenter un modèle conceptuel.

⚠ MISE EN GARDE : La localisation des puits sur la coupe conceptuelle vise à identifier le type de contexte hydrogéologique exploité et non l'interconnectivité entre les aquifères exploités par ces puits. La carte des contextes hydrogéologiques (p. 12) permet quant à elle d'avoir un premier aperçu des interconnectivités des aquifères exploités par les puits, mais elle ne se substitue pas à des études locales.

3.1. GÉOLOGIE ET HYDROGÉOLOGIE DES DÉPÔTS MEUBLES

Les dépôts meubles (ou dépôts du Quaternaire) sont une superposition de différents types de dépôt recouvrant le substratum rocheux et occupent la quasi-totalité du territoire de la ville. C'est dans la plaine des Basses-Terres que l'on retrouve les plus importantes épaisseurs de dépôts meubles (l'épaisseur peut atteindre 80 m à La Baie et à Shipshaw).

L'enchaînement des unités stratigraphiques simplifiées va comme suit :

des dépôts de sable superficiels

occupant 20 % du territoire municipalisé de la ville. On retrouve des alluvions de terrasse fluviale et principalement des dépôts deltaïques et prodeltaïques situés dans les secteurs de Shipshaw, Laterrière et La Baie dont l'épaisseur moyenne est de 9 m. Ces sédiments deltaïques et prodeltaïques sont composés de sable et graviers stratifiés et bien triés déposés au-dessus des argiles; ils ont été mis en place à l'embouchure des cours d'eau se déversant dans l'ancienne mer de Laflamme.

Ces dépôts constituent d'assez **bons aquifères** même si localement leur hétérogénéité réduit leur perméabilité, mais ils sont **vulnérables aux contaminations anthropiques**, car ils sont généralement en conditions de **nappe libre**. La conductivité hydraulique est considérée comme étant moyenne à bonne et est généralement comprise entre 10^{-6} et 1 m/s.

Notions abordées dans la page 3 : 1.2. CONFINEMENT : NAPPE LIBRE/NAPPE CAPTIVE

une couche d'argile,

d'une trentaine de mètres d'épaisseur en moyenne, provenant de l'ancienne mer de Laflamme et se retrouvant uniquement dans les Basses-Terres du SLSJ (représentée par des hachures sur la carte Contextes hydrogéologiques et puits municipaux en exploitation de la p.12). Cette formation argileuse est répartie sur 44 % du territoire municipalisé de la ville, ce qui signifie qu'une fois sur deux de l'argile est retrouvée en forage. Cette couche étant **imperméable** lorsqu'elle est suffisamment épaisse, constitue une **protection des aquifères** sous-jacents vis-à-vis des contaminations anthropiques. La conductivité hydraulique des argiles marines est extrêmement faible, de l'ordre de 10^{-10} m/s.

Notions abordées dans la page 4 : 1.3. PROPRIÉTÉS HYDRAULIQUES DES AQUIFÈRES

des sédiments fluvioglaciaires

formant des dépôts plutôt allongés avec une épaisseur d'une trentaine de mètres. Ces sédiments fluvioglaciaires occupent seulement 5 % du territoire de la ville ce qui signifie que lors d'un forage, les chances de retrouver ce type de sédiments sont d'une sur vingt environ. Ils ont été déposés par les eaux de drainage lors de la fonte du glacier et sont composés de sable et gravier stratifiés avec des blocs.

Notions abordées dans la page 4 : 1.3. PROPRIÉTÉS HYDRAULIQUES DES AQUIFÈRES

Ils constituent donc d'**excellents aquifères** (la conductivité hydraulique est considérée comme étant bonne sur la carte Contextes hydrogéologiques et puits municipaux en exploitation (p. 12), soit généralement comprise entre 10^{-3} et 1 m/s). Ces dépôts se retrouvent également sur les Hautes-Terres dans le creux de quelques vallées en condition de **nappe libre**. On retrouve **2 principaux corridors de fluvioglaciaire** sur le territoire de la ville, un au nord d'une largeur de 2 km et d'une longueur de 7 km se poursuivant à l'ouest sur le territoire de la MRC Lac-Saint-Jean-Est ainsi qu'un au sud, d'une largeur de 4 km et d'une longueur d'environ 20 km.

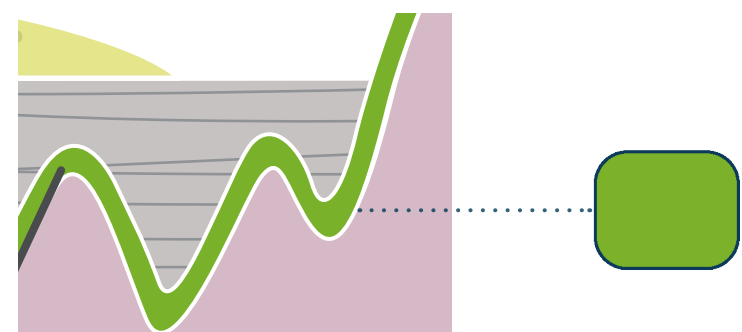
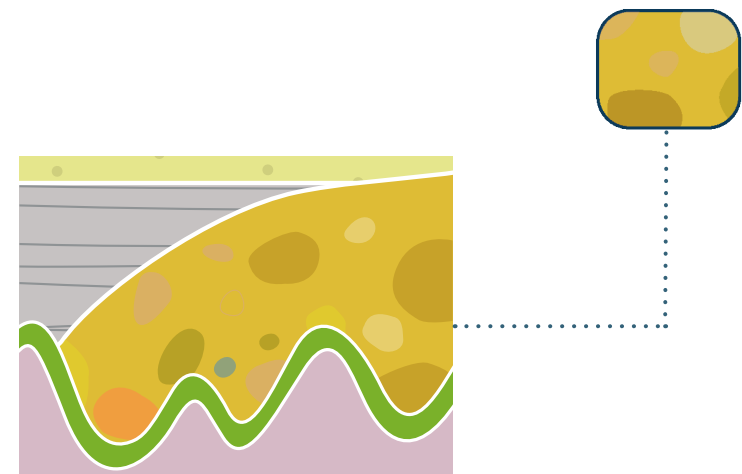
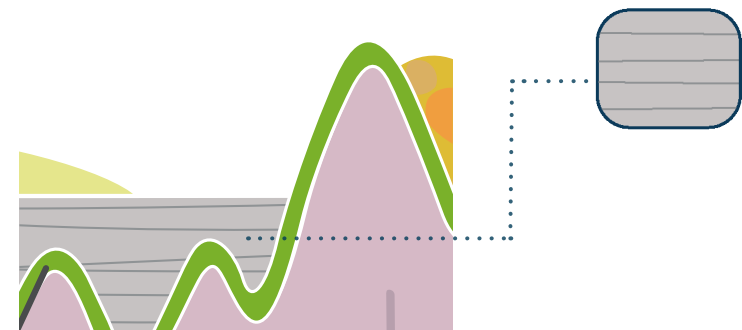
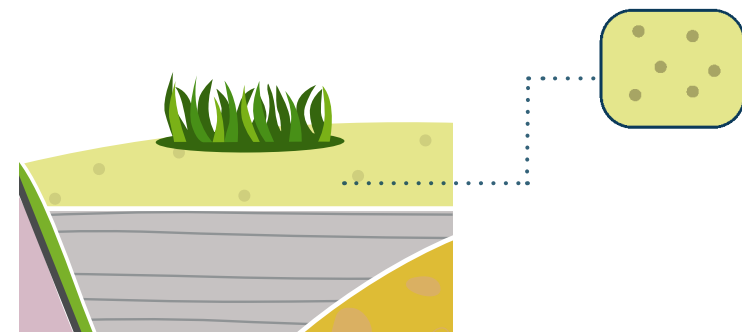
Dans **la plaine**, ces aquifères se trouvent majoritairement dans des conditions de **nappe captive**, car ils sont confinés par une épaisse couche d'argile. Ils sont alors moins **vulnérables** aux contaminations anthropiques.

Notions abordées dans la page 3 : 1.2. CONFINEMENT : NAPPE LIBRE/NAPPE CAPTIVE

Dans le corridor fluvioglaciaire situé près du contrefort sud (secteur Laterrière), on retrouve un **esker** (dépôts de sable et gravier) en condition de nappe libre, formant une ride étroite et allongée provenant du remplissage d'un tunnel sous-glaciaire. Cet esker a une longueur d'environ 3 km et est orienté ONO-ESE (voir carte PACES-SLSJ n°12, Annexes p. A.1).

une mince couche de till

d'une épaisseur d'un à deux mètres en moyenne recouvrant la quasi-totalité du substratum rocheux à la fois dans les Hautes-Terres et la plaine des Basses-Terres. Le till provient d'une moraine de fond qui a été déposée dans le fond du glacier et qui est **faiblement perméable**, car elle est composée d'un diamicton à matrice sablo-silteuse et sa conductivité hydraulique est considérée comme étant faible, soit généralement inférieure à 10^{-6} m/s.



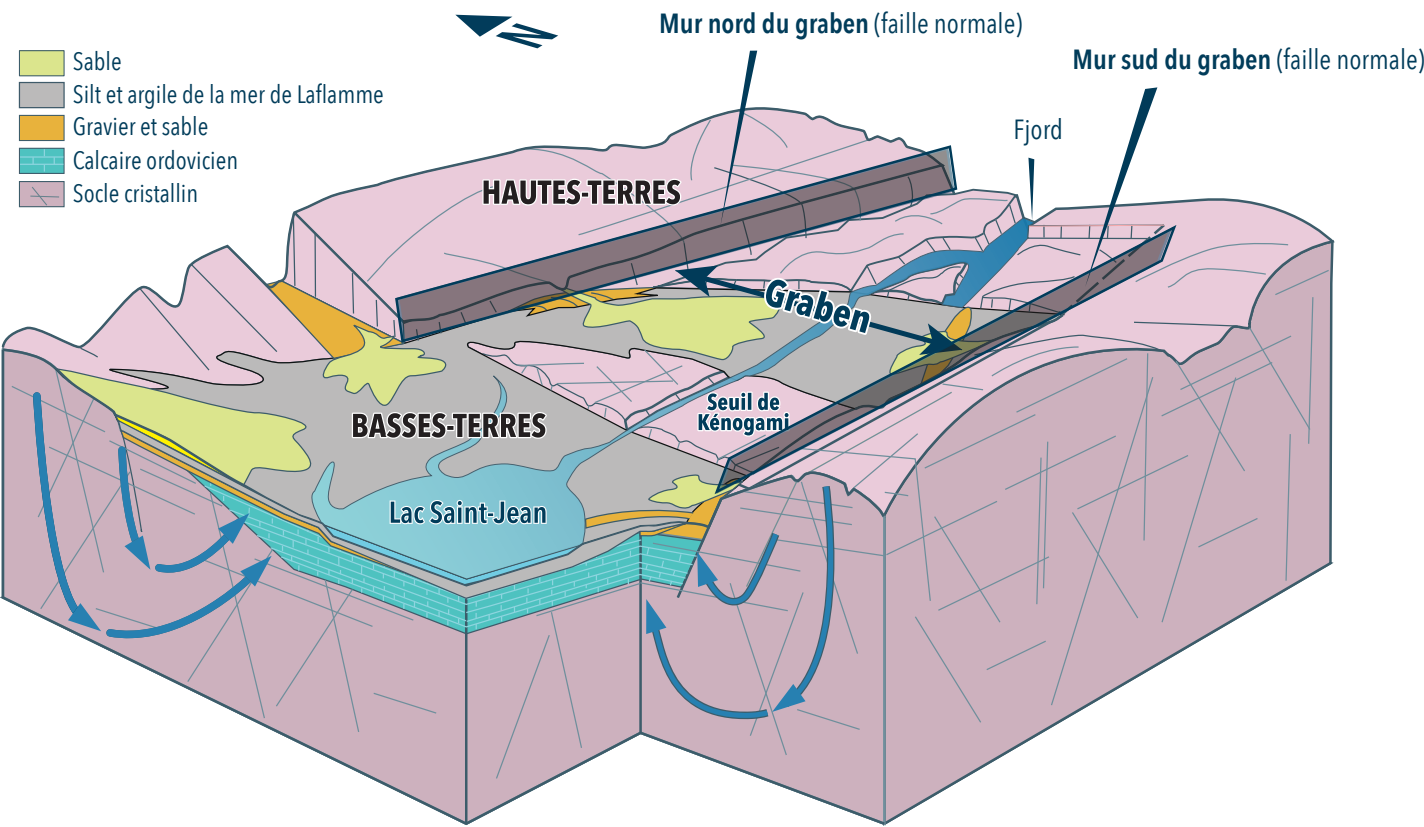


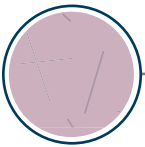
Figure 6 : Modèle conceptuel tridimensionnel du graben et des environnements hydrogéologiques du SLSJ (modifié de Rouleau et al. 2011)

La topographie de la ville est marquée par le **graben** (ou fossé d'effondrement) du **Saguenay-Lac-Saint-Jean (SLSJ)**.

Ce graben est bordé par un relai de failles normales qui délimitent les Hautes-Terres Laurentiennes et les Basses-Terres du SLSJ (figure 6). Ces failles normales se retrouvent au nord et au sud du territoire.

- L'unité physiographique des **Hautes-Terres**, constitue un **plateau montagneux** composé d'alternances de collines, de vallées et de versants abrupts et s'élève à une altitude moyenne de 295 m (altitude comprise entre 189 m et 429 m).
- L'unité physiographique des **Basses-Terres** du SLSJ constitue une **plaine** avec une morphologie plane et uniforme, associée au fossé d'effondrement et dont l'altitude est inférieure à 200 m (altitude moyenne de 142 m). Le territoire est également marqué par le seuil topographique de Kénogami qui constitue une remontée du socle rocheux au niveau des Basses-Terres (figure 6).

3.3. GÉOLOGIE ET HYDROGÉOLOGIE DU SOCLE ROCHEUX



Le substratum rocheux (roche-mère) de la ville est composé principalement des **roches cristallines du bouclier précambrien** (majoritairement des granites et de l'anorthosite).



Les **roches sédimentaires ordoviciennes** (composées principalement de calcaires et des shales de Pointe-Bleue par endroits) occupent seulement 4 % du territoire.

Le substratum rocheux (cristallin et sédimentaire) a profondément été marqué par le **graben du SLSJ** et présente des étages d'altitudes différentes, séparés par des failles normales (figure 6). Trente-huit pour cent du socle rocheux affleure en surface ou est sub-affleurant sous du till mince (contexte A et B de la carte Contextes hydrogéologiques et puits municipaux en exploitation (p. 12). Le socle rocheux présente une morphologie de roches moutonnées polies et arrondies par l'érosion glaciaire.

La perméabilité des aquifères de socle rocheux fracturé dépend beaucoup de l'état de fracturation du roc (notamment la quantité, l'interconnexion et l'ouverture des fractures). Elle peut être très faible, dans les milieux peu fracturés (avec une conductivité hydraulique inférieure à 10^{-6} m/s), à relativement élevée dans les zones très fracturées ou faillées (avec une conductivité hydraulique supérieure à 10^{-6} m/s).

Notions abordées dans la page 4 : 1.3. PROPRIÉTÉS HYDRAULIQUES DES AQUIFÈRES

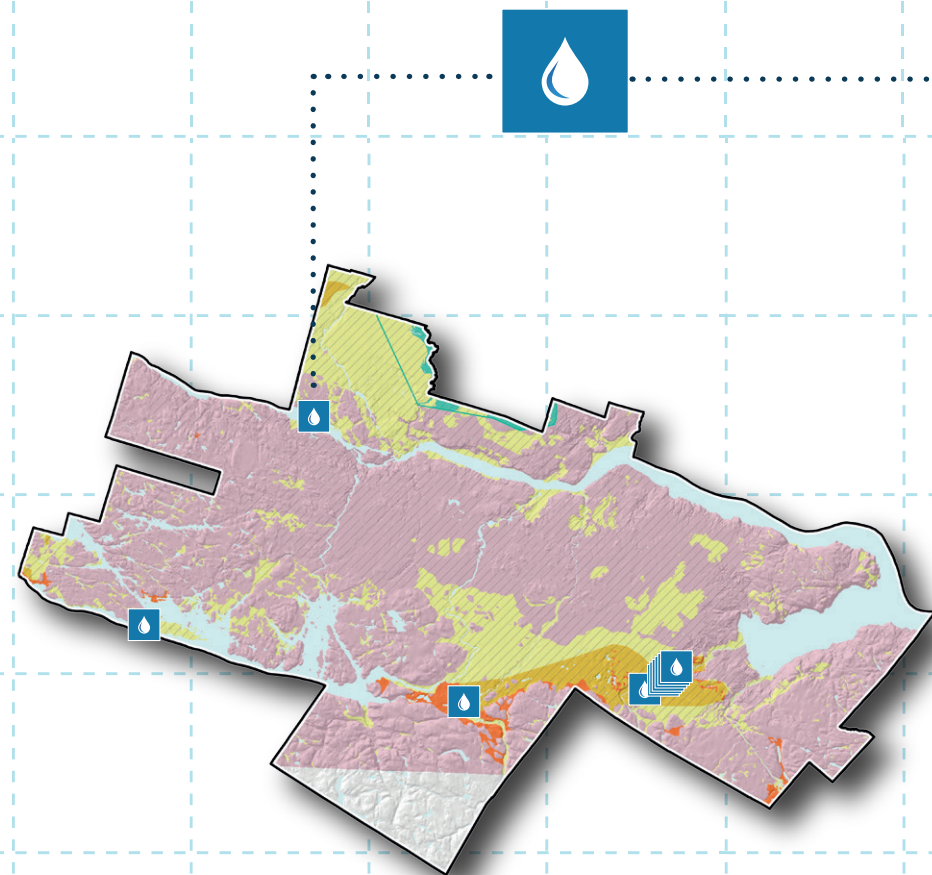
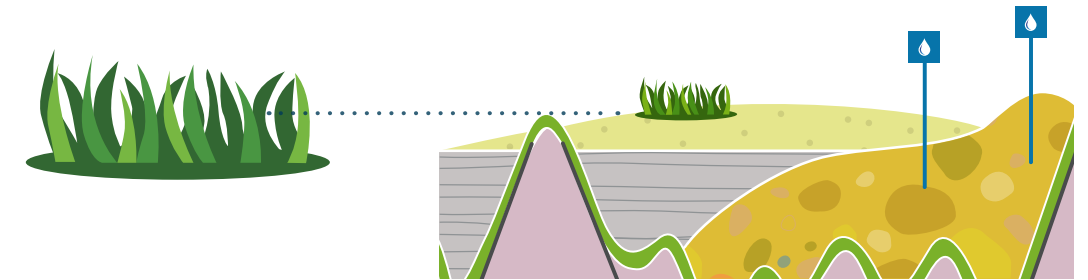
D'après les informations récoltées dans la base de données produite dans le cadre du programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) au SLSJ (CERM-PACES, 2013) et mise à jour dans le cadre d'ARIM'eau (CERM-ARIM'eau, 2020), aucune municipalité sur le territoire de Ville de Saguenay ne puise de l'eau souterraine dans le socle rocheux fracturé pour des puits de catégorie 1 et 2 (Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection, RPEP, Q-2, r. 35.2). Ce type d'aquifère est en revanche capté par des puits privés sur le territoire de la ville.

3.4. MILIEUX HUMIDES

La diversité des contextes géologiques (argile, sable, socle rocheux) permet la mise en place d'une diversité de **milieux humides** sur l'ensemble du territoire.

Ces milieux occupent 6 % du territoire de la ville et constituent des zones qui peuvent être en étroite relation avec les eaux souterraines, avec des effets sur :

- ▶ **la qualité**, car ils constituent des zones vulnérables où la nappe est présumée en connexion avec la surface; ce sont aussi des zones où les processus biologiques et physico-chimiques filtrent et épurent l'eau.
- ▶ **la quantité**, car ils représentent des zones de recharge et/ou de décharge potentielles de la nappe.



4 | CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES ET PUIITS MUNICIPAUX EN EXPLOITATION (Catégorie 1 et 2)*

Ville de Saguenay

Puits municipal exploité

Granulaire

- 2 263
- 606 L/min
- >17 m
- Aucun
- Aucun
- Avant traitement

Nappe libre

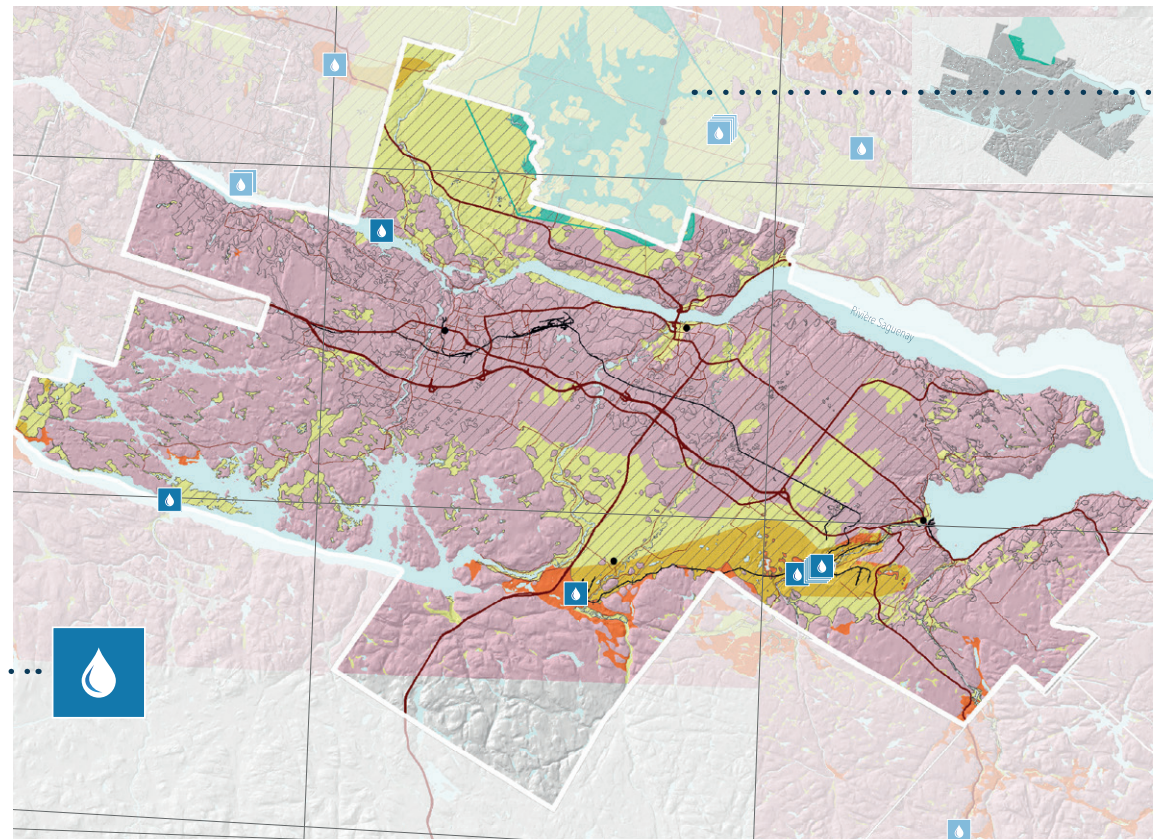
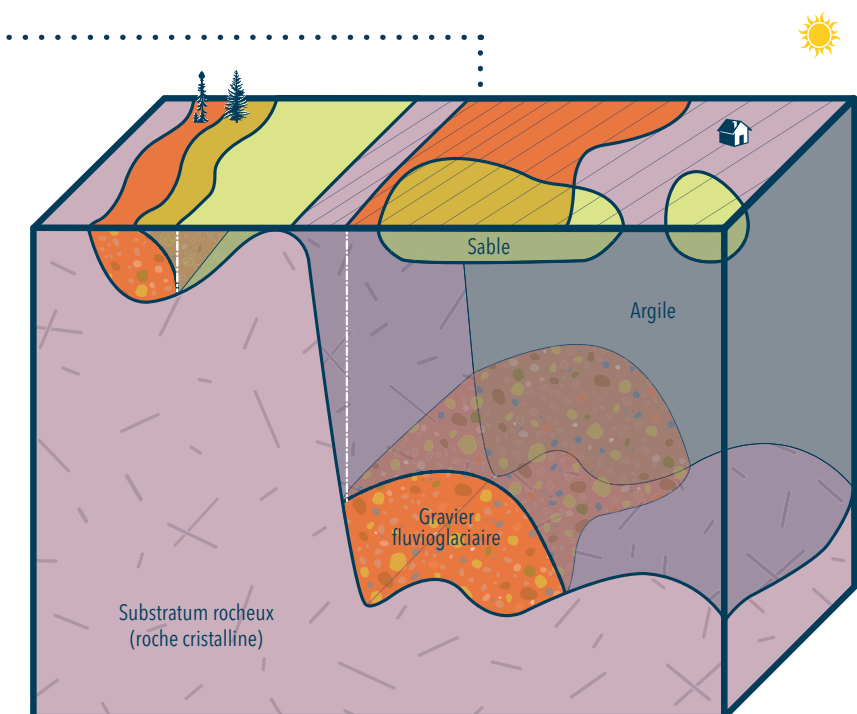


SCHÉMA DE LA REPRÉSENTATION 3D DE LA CARTE DES CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES

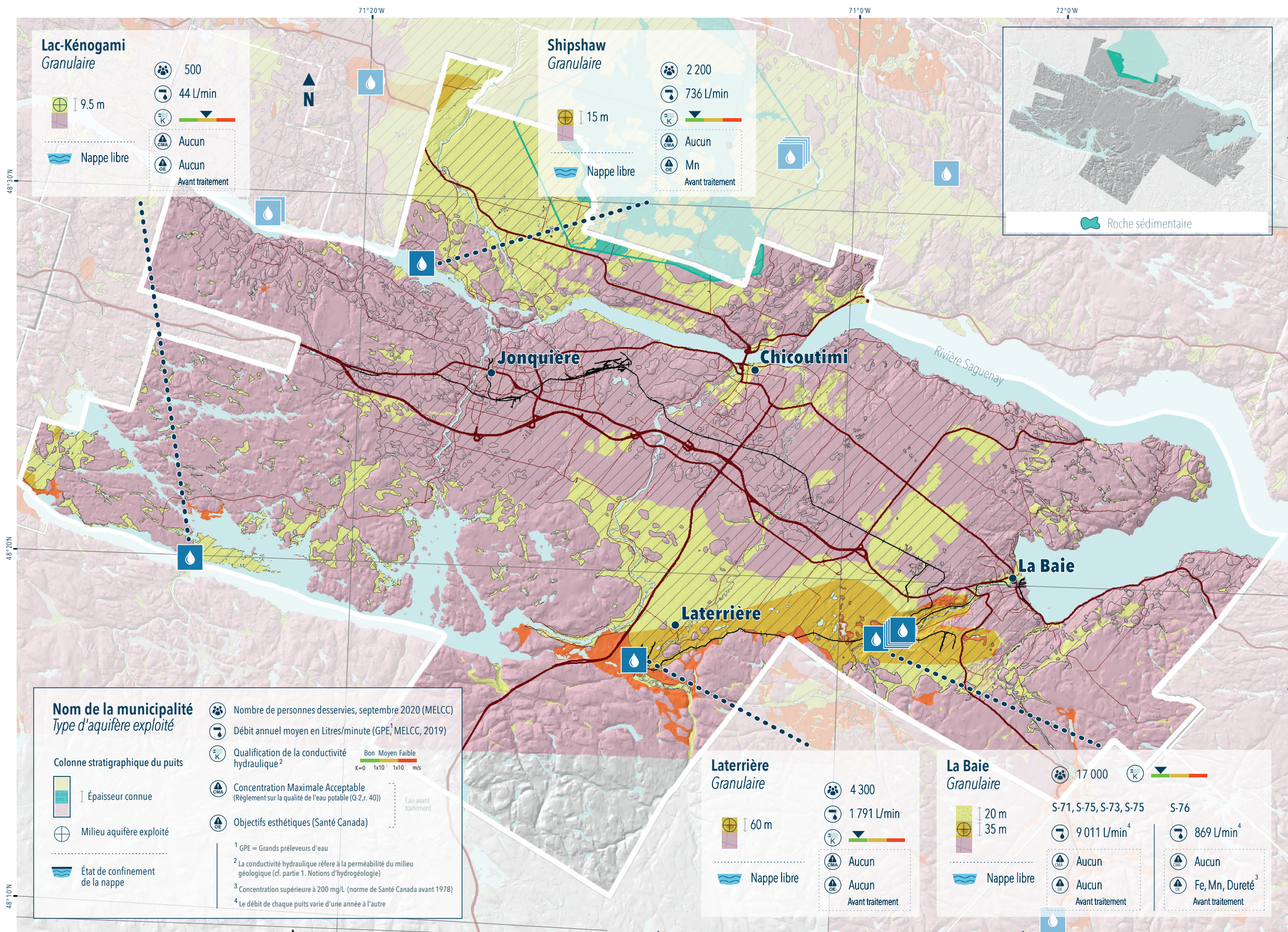
La carte identifie tous les milieux aquifères présents :
ceux enfouis et ceux affleurants en surface



Légende de la carte des contextes hydrogéologiques (vue en plan)

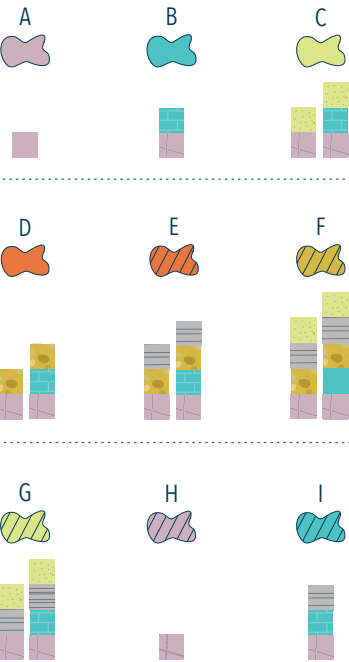
- Sable affleurant
- Gravier fluvioglaciaire affleurant ou en profondeur
- Gravier fluvioglaciaire en profondeur avec présence de sable en surface
- Roche cristalline
- Lignes hachurées = présence d'argile en surface ou en profondeur

* Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (RPEP, Q-2, r. 35.2)

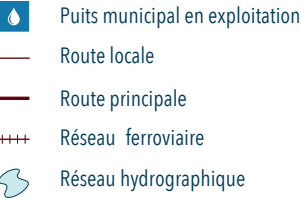
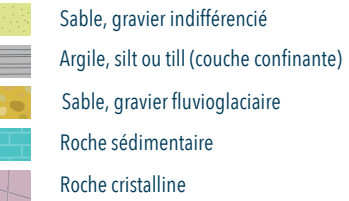


LÉGENDE

Contextes hydrogéologiques



Colonne stratigraphique (Empilement des unités géologiques)



Projet ARIM'eau



Réalisé par : Équipe de recherche sur les eaux souterraine, CERM, UQAC

Date : Décembre 2020
Version : #1

Partenaires financiers



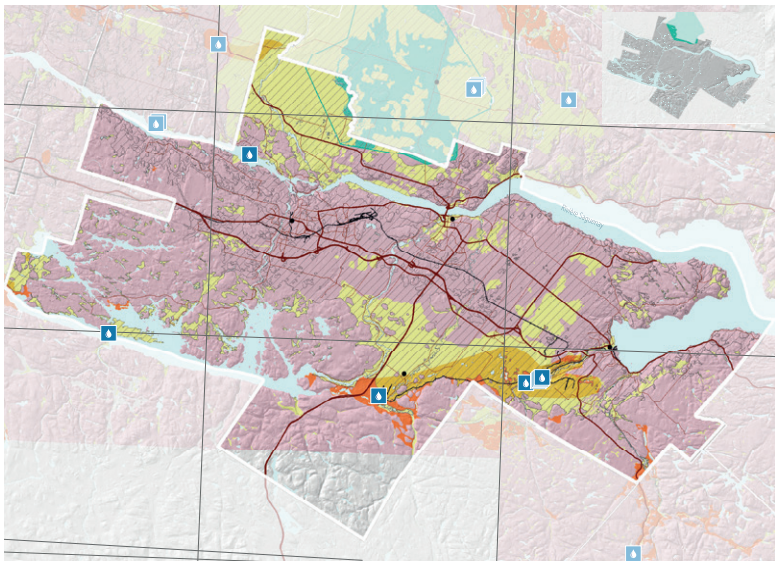
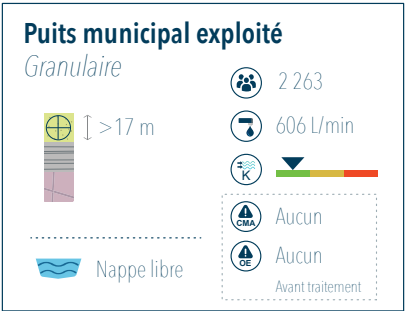
Avertissement : Cette carte est représentative des conditions régionales à l'échelle 1/225 000 telles que définies à l'aide des données disponible. Le portrait régional en découlant pourrait toutefois s'avérer non représentatif localement compte tenu de la variabilité de la qualité et de la distribution spatiale et temporelle des données utilisées pour réaliser la carte, malgré les efforts déployés lors de la collecte, de la sélection et de la validation des données. Par conséquent, cette carte ne peut remplacer les études requises pour définir les conditions réelles à l'échelle locale et n'offre aucune garantie quant à l'exactitude ou à l'intégralité des données et des conditions présentées. Les auteurs et leurs institutions ou organismes d'attache ne donnent aucune garantie quant à la fiabilité, ou quant à l'adaptation à une fin particulière de toute œuvre dérivée de cette carte et n'assument aucune responsabilité pour les dommages découlant de la création et de l'utilisation de telles œuvres dérivées, ou pour des décisions basées sur l'utilisation de cette carte, des conditions présentées par la carte ou des données y étant rattachées.

4.1. ÉCHELLES DES CARTES ET MISE EN GARDE



L'information se retrouvant sur les cartes de cet atlas ont été interprétées à partir des connaissances hydrogéologiques alors disponibles sur le territoire et elles ont été produites selon une **échelle régionale** (1/225 000).

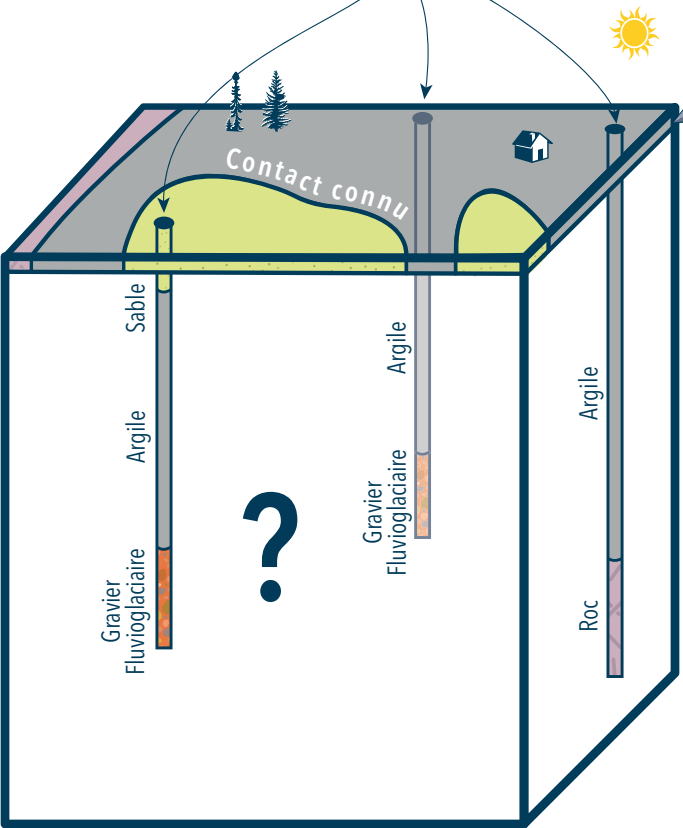
Puisque certaines particularités locales ne figurent pas sur ces cartes, elles ne doivent pas être utilisées à l'échelle locale (ex: à l'échelle d'un terrain).



CARTE DES DÉPÔTS DE SURFACE

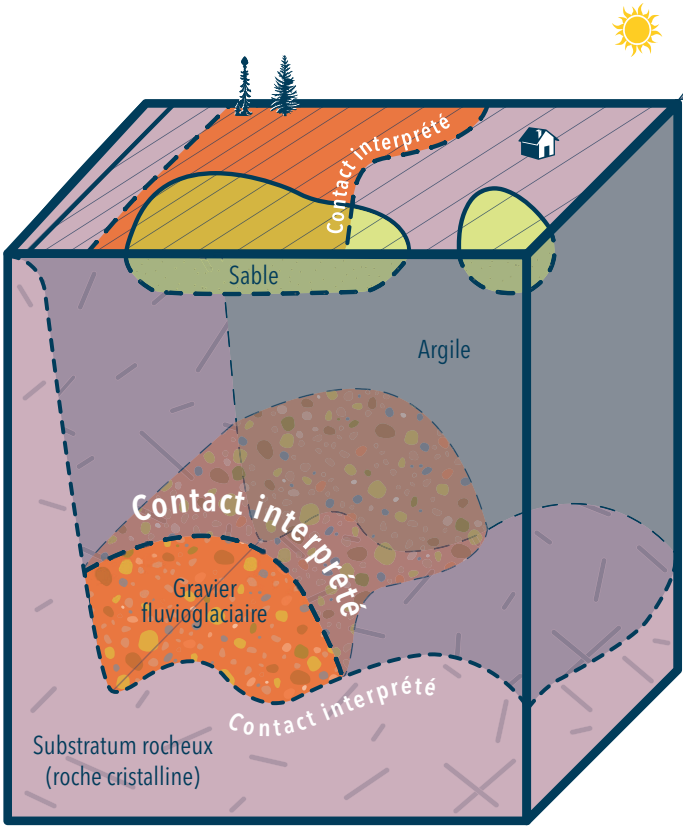
Présente les dépôts meubles qui affleurent en surface.

Stratigraphie **connue**
(ex. forage, puits, piézomètre, etc.)



CARTE DES CONTEXTES HYDROGÉOLOGIQUES

Identifie tous les milieux aquifères présents : ceux enfouis et ceux affleurants en surface.



Stratigraphie **interprétée**

Légende des cartes (vue en plan)

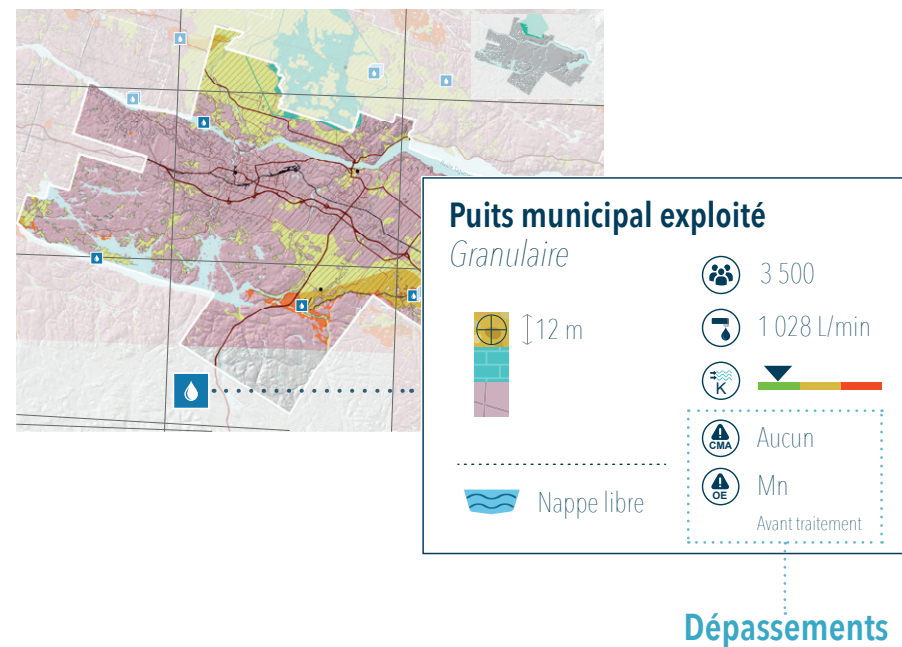
- Sable affleurant
- Argile affleurante
- Gravier fluvioglaciaire affleurant ou en profondeur
- Gravier fluvioglaciaire en profondeur avec présence de sable en surface
- Roche cristalline

/// Lignes hachurées = présence d'argile en surface ou en profondeur

Légende des contacts géologiques

- Contact **interprété** (non visible en surface)
- Contact **connu** (visible en surface)

4.2. GÉOCHIMIE DE L'EAU DES AQUIFÈRES DU TERRITOIRE ET DÉPASSEMENTS DE NORMES





Les dépassements qui sont présentés sur la carte Contextes hydrogéologiques et puits municipaux en exploitation (p. 12) font référence aux **dépassements de l'eau brute (avant traitement)** des eaux souterraines captées à des fins d'alimentation en eau potable des municipalités par rapport au règlement sur la qualité de l'eau potable (RQEP; Q-2, r. 40) ou aux recommandations de Santé Canada.

L'échantillonnage géochimique des puits municipaux réalisé au cours du PACES-SLSJ (2009-2012), a montré que l'eau (avant traitement) exploitée pour les puits de catégorie 1 et 2 selon le règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (RPEP, Q-2, r. 35.2) est généralement de bonne qualité d'un point de vue des paramètres physico-chimiques.

► Seulement quelques dépassements ont été observés au niveau du fer, du manganèse et de la dureté et dans des dépôts fluvioglaciaires.

La connaissance de la qualité de l'eau des aquifères, qui est mesurée par l'échantillonnage de l'eau souterraine est essentielle pour assurer la santé et la sécurité de la population.

-  La consommation prolongée d'une eau dépassant les normes de **concentrations maximales acceptables (CMA)** peut engendrer des troubles sur la santé humaine, plus ou moins graves.
-  Les **objectifs esthétiques (OE)** sont des recommandations pour les paramètres ayant un impact sur les caractéristiques organoleptiques de l'eau (couleur, odeur, goût), mais n'ayant pas d'effet néfaste reconnu sur la santé humaine. Bien qu'ayant été retiré en 1978, le paramètre de la dureté figure dans les dépassements de normes OE lorsque sa concentration est supérieure à 200 mg/L.

Pour connaître les normes CMA avec les risques associés sur la santé humaine ainsi que les OE, se référer aux sites internet du ministère de l'Environnement du Québec (MELCC, www.environnement.gouv.qc.ca/) et de Santé Canada (www.canada.ca/fr/sante-canada.html).



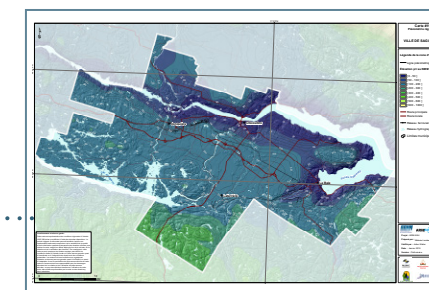
Station de pompage de la municipalité de La Doré



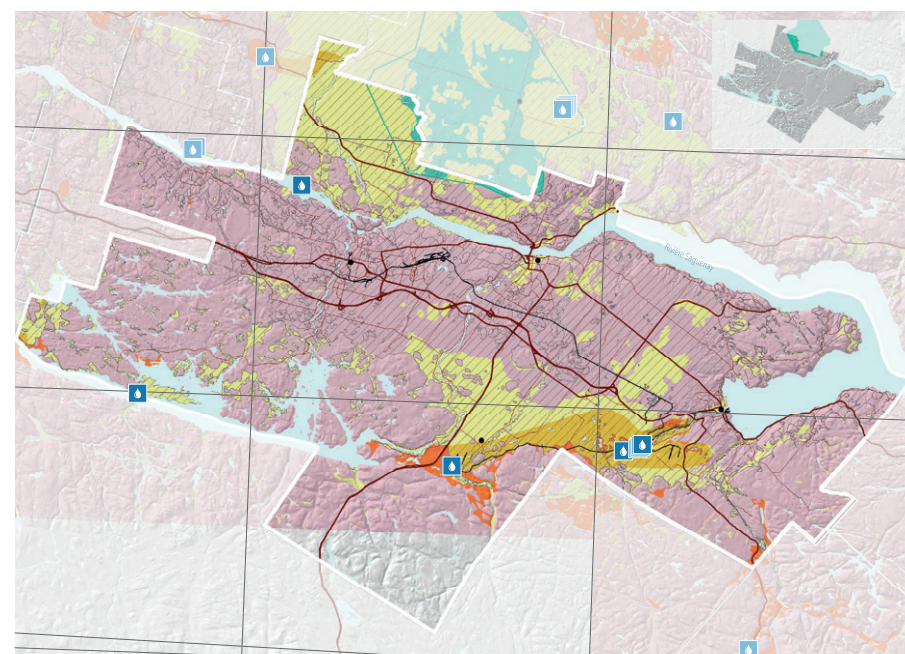
Puits de la municipalité de La Tuque - Secteur La Croche

4.3. CIRCULATION DE L'EAU SOUTERRAINE

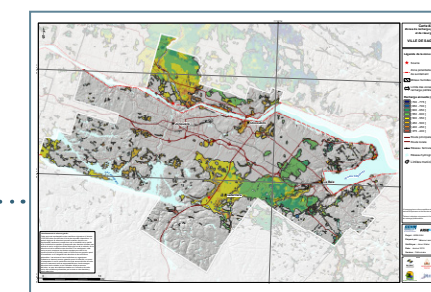
L'eau s'écoulant des niveaux piézométriques élevés vers les niveaux piézométriques bas, la carte PACES-SLSJ n°19-20 (Annexes p. A.6) montre que **l'écoulement de l'eau souterraine** se produit globalement des Hautes-Terres vers le lac Saint-Jean et la rivière Saguenay dans les Basses-Terres. Les corridors fluvioglaciaires pourraient générer un écoulement préférentiel le long de leur axe (NNO-SSE et N-S) dans les dépôts meubles. Aussi, les failles normales associées au graben du SLSJ pourraient constituer un axe d'écoulement préférentiel ONO-ESE dans le socle rocheux cristallin.



4.4. EXPLOITATION DES AQUIFÈRES ET RECOMMANDATIONS



Sur le territoire de la Ville de Saguenay, tous les puits municipaux exploitent un aquifère en nappe libre. Rappelons que ce type d'aquifère est vulnérable à la contamination anthropique provenant de la surface. Il y a aussi sur le territoire de la ville plusieurs zones de **recharge préférentielle** (carte PACES-SLSJ, Annexes p. A.13) d'aquifères exploités ou non par des municipalités du SLSJ et qui sont elles aussi vulnérables à la contamination.



L'occupation du sol (Livrable #10 CERM-PACES, 2013) et les activités de surface sont donc à évaluer en termes de contaminations potentielles pour la nappe d'eau. À noter que la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean est bien connue pour **sa culture du bleuet** et ses vastes **terres agricoles**, 2 types d'activités qui peuvent nécessiter, dans certains cas, l'utilisation de produits chimiques (engrais, pesticides) conduisant à la dégradation de la potabilité de l'eau. De plus, l'eau souterraine permet à ce type de contaminants de voyager sur de très grandes distances, et donc en cas de présence en grande concentration, d'accroître les risques de dégradation de la qualité de l'environnement. Aux risques de contamination par les activités agricoles, notons aussi les risques de contamination par les **sels de déglacage**, puisque les principaux axes routiers traversent les vastes étendues où se trouvent des sables de surface pouvant accueillir une nappe libre. Il est donc aussi recommandé d'évaluer la présence de ces sels dans la nappe d'eau, d'autant plus qu'à l'extérieur des noyaux urbains, les résidents s'alimentent en eau potable à partir d'installations privées individuelles susceptibles d'être contaminées par des contaminants anthropiques et géogéniques. Il est donc fortement recommandé **d'échantillonner et d'analyser ces eaux de consommation humaine** pour éviter que des problèmes de santé importants surviennent à moyen terme.

Le territoire du Saguenay-Lac-Saint-Jean est caractérisé aussi par la présence de plusieurs milieux humides et hydriques vulnérables aux **perturbations** causées par le développement et les activités anthropiques. Cet enjeu majeur auquel doit répondre le plan régional des milieux humides et hydriques (PRMHH) de la MRC est d'autant plus important lorsque ces milieux sont directement **connectés** aux nappes d'eau souterraines sous-jacentes.

Il est donc essentiel d'aborder **la gestion et l'exploitation** des eaux souterraines **à l'échelle du milieu aquifère** avec une bonne **concertation** entre les municipalités. Le projet ARIM'eau permet cette concertation entre les Premières Nations, les municipalités, les MRC et l'université. **ARIM'eau** permet également de maintenir une **base de données** sur les eaux souterraines à jour et de développer des **projets ad hoc** qui visent une connaissance plus précise et une compréhension plus approfondie de **l'hydrogéologie du territoire** tant sur les aspects quantitatifs que qualitatifs de l'eau souterraine.

5 | ANNEXES

ATLAS DES EAUX SOUTERRAINES DU SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN ► 2013

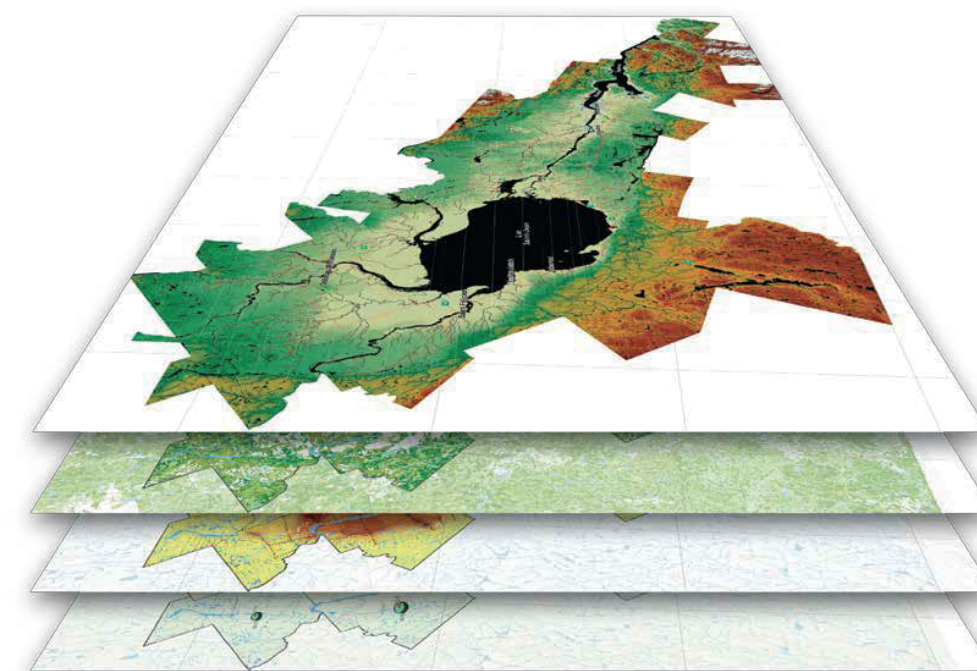
PACES - Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines



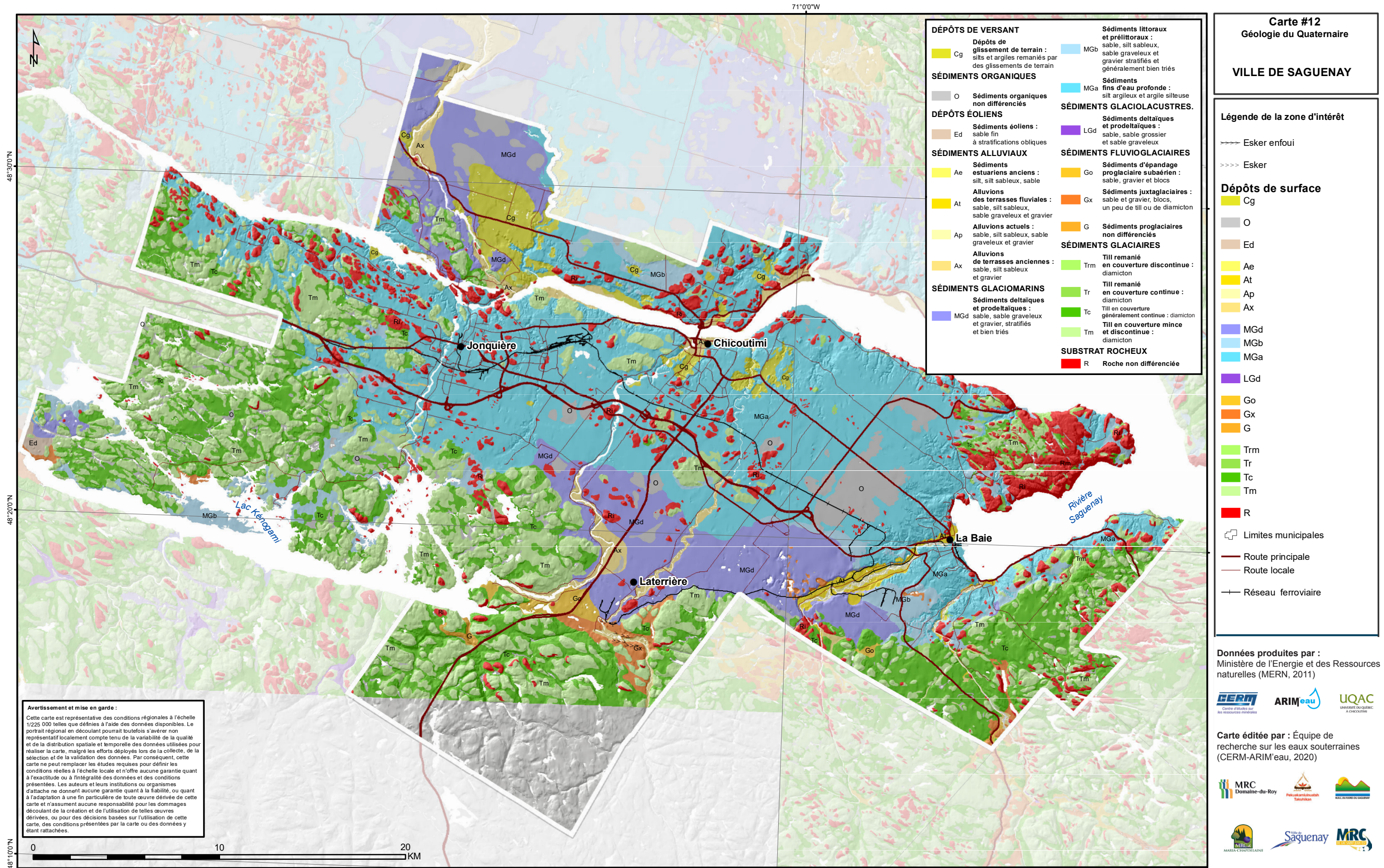
Ville de Saguenay

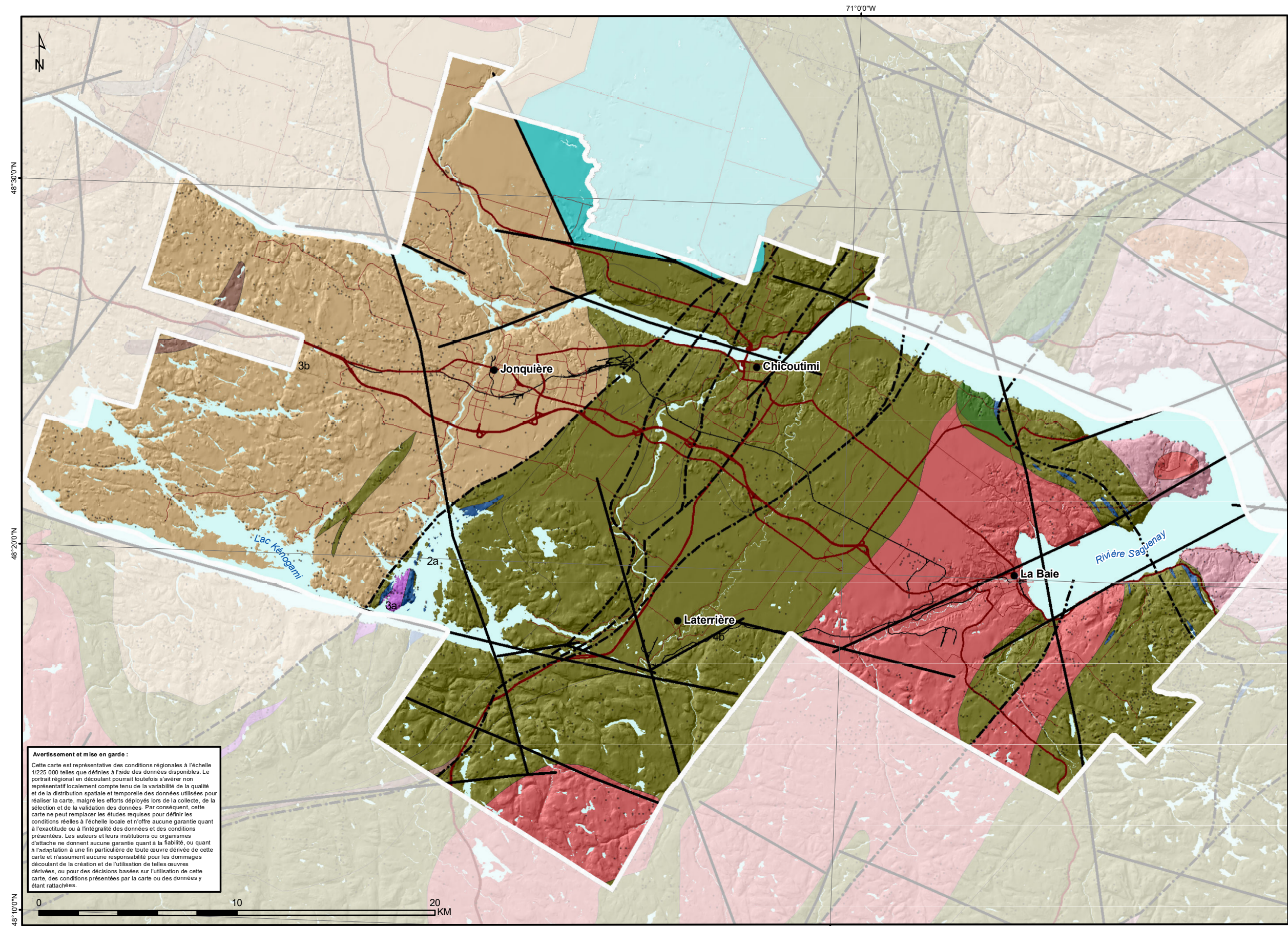
Sommaire des annexes

CARTE #12 : Géologie du Quaternaire.....	page A.1
CARTE #13 : Géologie du roc.....	page A.2
CARTE #15a : Épaisseur des dépôts meubles	page A.3
CARTE #18a : Limites régionales des milieux aquifères des dépôts meubles.....	page A.4
CARTE #18b : Limites régionales des milieux aquifères fracturés	page A.5
CARTE #19 : Piézométrie régionale.....	page A.6
CARTE #22 : Vulnérabilité de l'aquifère situé le plus près de la surface	page A.7
CARTE #24 : Qualité de l'eau en fonction des CMA	page A.8
CARTE #25a : Qualité de l'eau en fonction des objectifs esthétiques - Dépassements pour les ions métalliques	page A.9
CARTE #25b : Qualité de l'eau en fonction des objectifs esthétiques - Dépassements pour les éléments majeurs et pour les paramètres In situ	page A.10
CARTE #26a : Utilisation de l'eau	page A.11
CARTE #26b : Utilisation de l'eau souterraine.....	page A.12
CARTE #28 : Zones de recharge préférentielle et de résurgence	page A.13



TERRITOIRE
MILIEU NATUREL
EAU SOUTERRAINE
ALIMENTATION EN EAU POTABLE





Carte #13

Géologie du roc

VILLE DE SAGUENAY

Légende de la zone d'intérêt

Affleurement

Faïlle fragile

Faïlle ductile

Zone géologique

Roches ordoviciennes

5a Calcaires micritiques, roches silicoclastiques

Intrusions felsiques

4c Granite

4b Mangérite et charnockite

Intr. mafiques ultramafiques

3c Gabbro

3b Anorthosite, leuconorite, gabbro, norite, rx ultramafique

3a Harzburgite, dunite, norite, gabbro-norite

Roches métasédim. et métavolcanl.

2c Amphibolite

2a Marbre, roches calco-silicatées, quartzite

Complexe gneissique et granitique

1a Gneiss granulitiques et gneiss granitiques

Limites municipales

Route principale

Route locale

Réseau ferroviaire

Réseau hydrographique

Données produites par :

Équipe de recherche sur les eaux souterraines (CERM-PACES, 2013)

GERM

Centre d'études sur les ressources minérales

ARIM'eau

Association des ressources minérales

UQAC

Université du Québec à Chicoutimi

Carte éditée par :

Équipe de recherche sur les eaux souterraines (CERM-ARIM'eau, 2020)

MRC

Domaine-du-Roy

Parishan

Parishan

MRC

Domaine-du-Roy

MRC

Domaine-du-Roy

Parishan

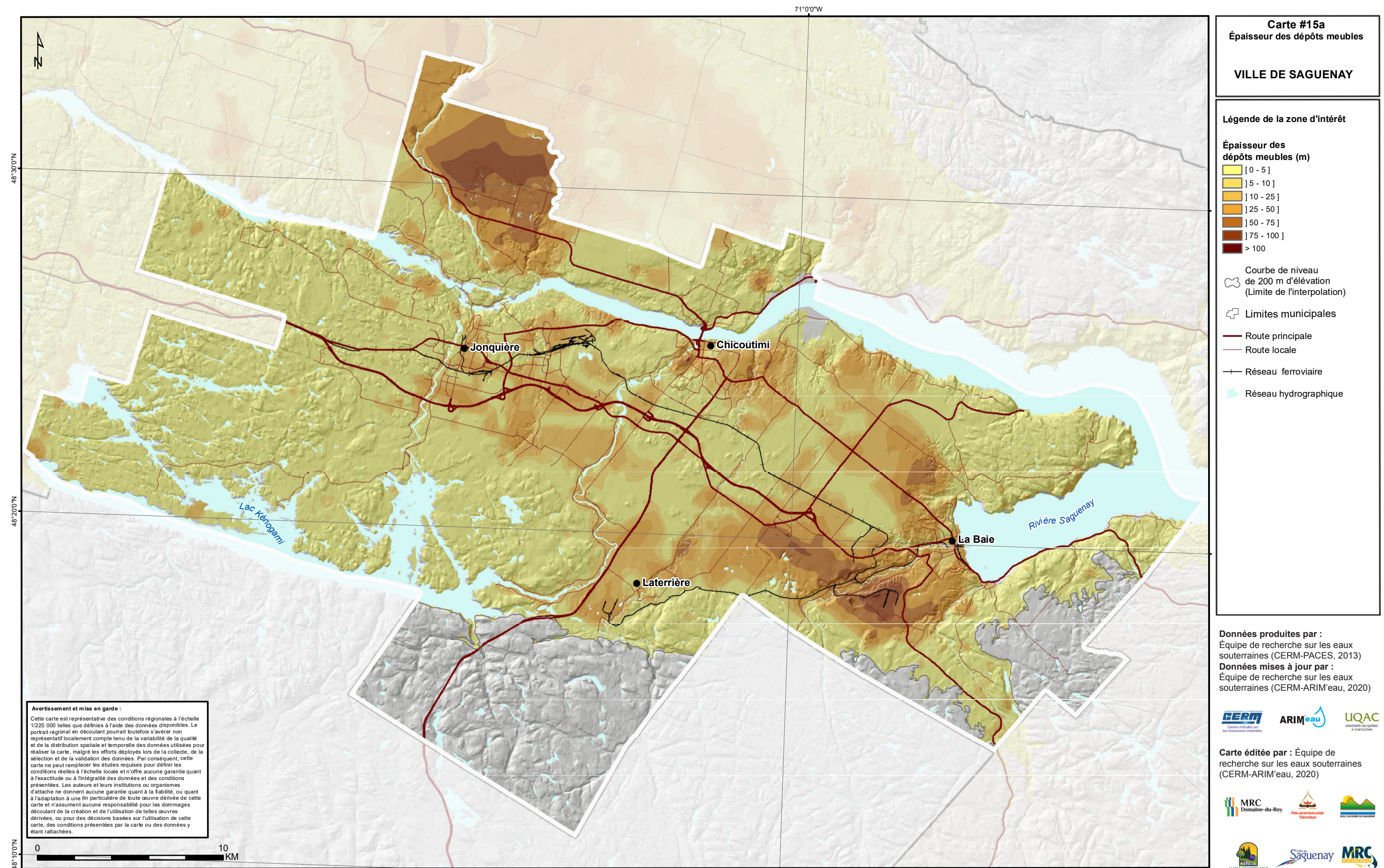
Parishan

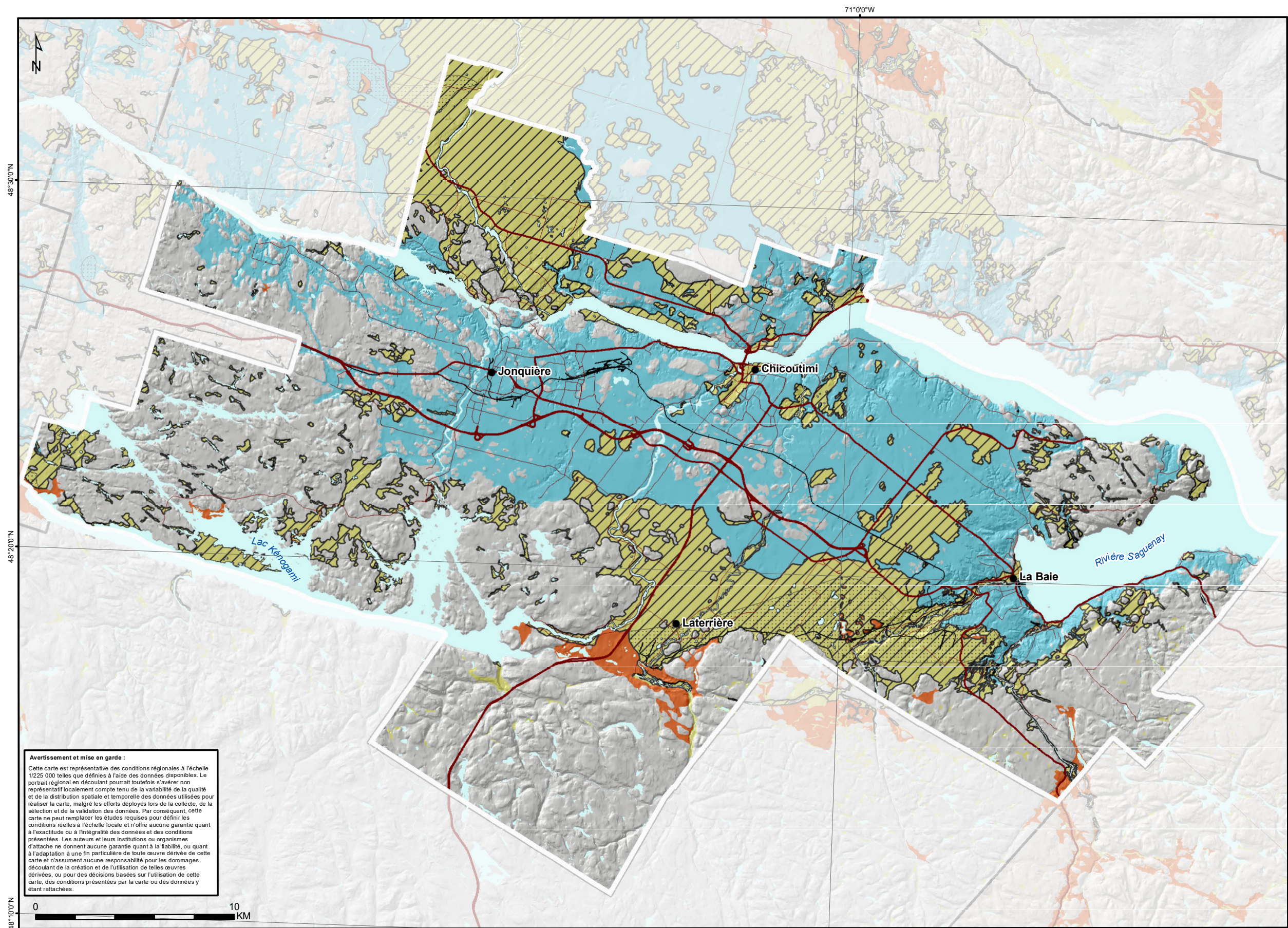
MRC

Domaine-du-Roy

Avertissement et mise en garde :

Cette carte est représentative des conditions régionales à l'échelle 1/25 000 telles que définies à l'aide des données disponibles. Le portrait régional en découlant pourrait toutefois s'avérer non représentatif localement compte tenu de la variabilité de la qualité et de la distribution spatiale et temporelle des données utilisées pour réaliser la carte, malgré les efforts déployés lors de la collecte, de la sélection et de la validation des données. Par conséquent, cette carte ne peut remplacer les études requises pour définir les conditions réelles à l'échelle locale et n'offre aucune garantie quant à l'exactitude ou à l'intégralité des données et des conditions présentées. Les auteurs et leurs institutions ou organismes d'attache ne donnent aucune garantie quant à la fiabilité, ou quant à l'adaptation à une fin particulière de toute œuvre dérivée de cette carte et n'assument aucune responsabilité pour les dommages découlant de la création et de l'utilisation de telles œuvres dérivées, ou pour des décisions basées sur l'utilisation de cette carte, des conditions présentées par la carte ou des données y étant rattachées.





Carte #18a
Limites régionales des milieux
aquifères des dépôts meubles

VILLE DE SAGUENAY

Légende de la zone d'intérêt

Milieu aquifère

- Affleurant (non différencié)
- Affleurant (fluvio-glaciaire)
- Sous-jacent interprété (fluvio-glaciaire)

Milieu imperméable

- Affleurant
- Sous-jacent interprété

Route principale

Route locale

Réseau ferroviaire

Réseau hydrographique

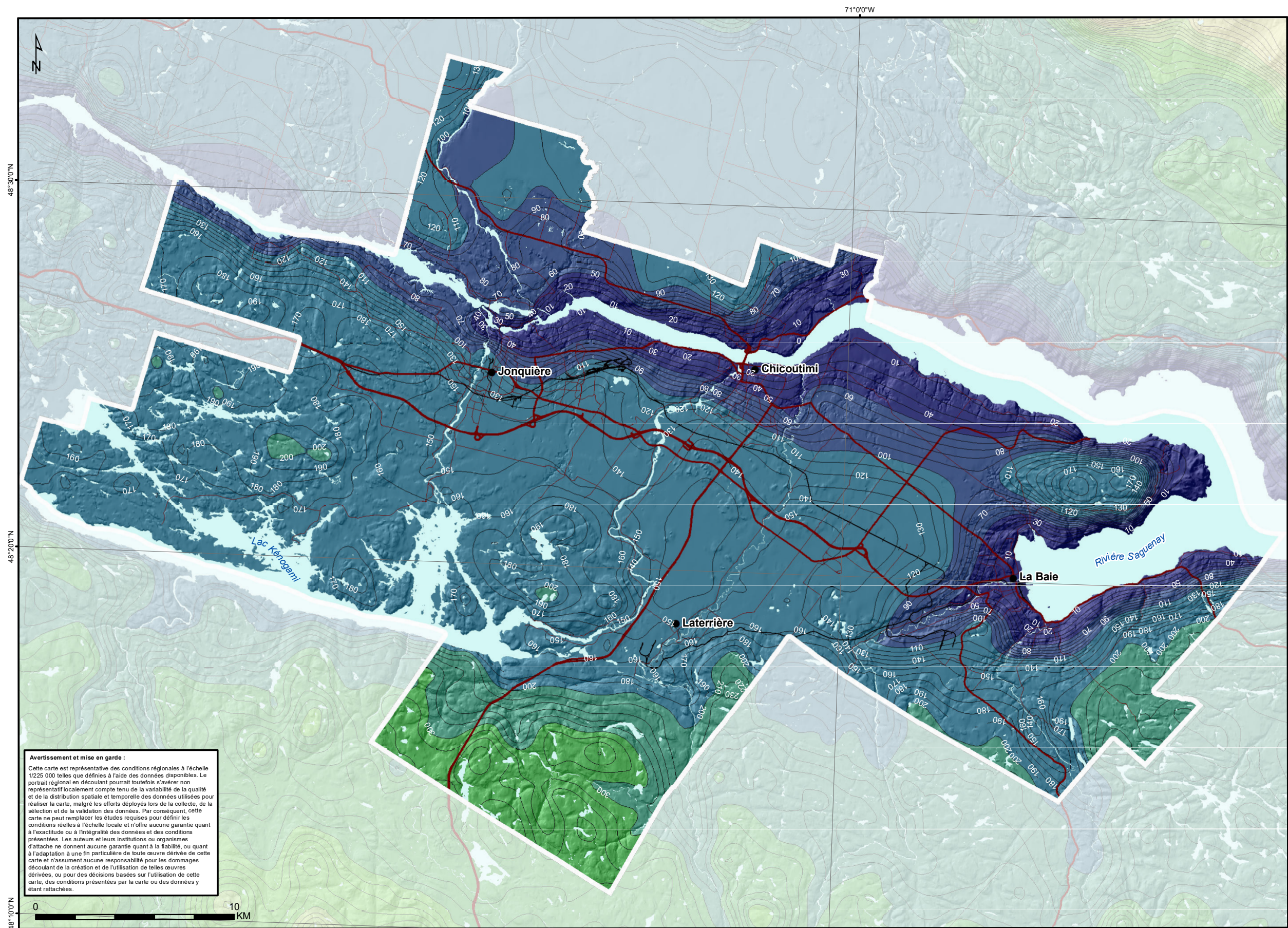
Limites municipales

Données produites par :
Équipe de recherche sur les eaux souterraines (CERM-PACES, 2013)



Carte éditée par : Équipe de recherche sur les eaux souterraines (CERM-ARIM'eau, 2020)





Carte #19
Piézométrie régionale

VILLE DE SAGUENAY

Légende de la zone d'intérêt

— Ligne piézométrique

Élévation p/r au NMM *

- [0 - 50]
-] 50 - 100]
-] 100 - 200]
-] 200 - 300]
-] 300 - 400]
-] 400 - 500]
-] 500 - 600]
-] 600 - 1000]

— Route principale

— Route locale

— Réseau ferroviaire

— Réseau hydrographique

— Limites municipales

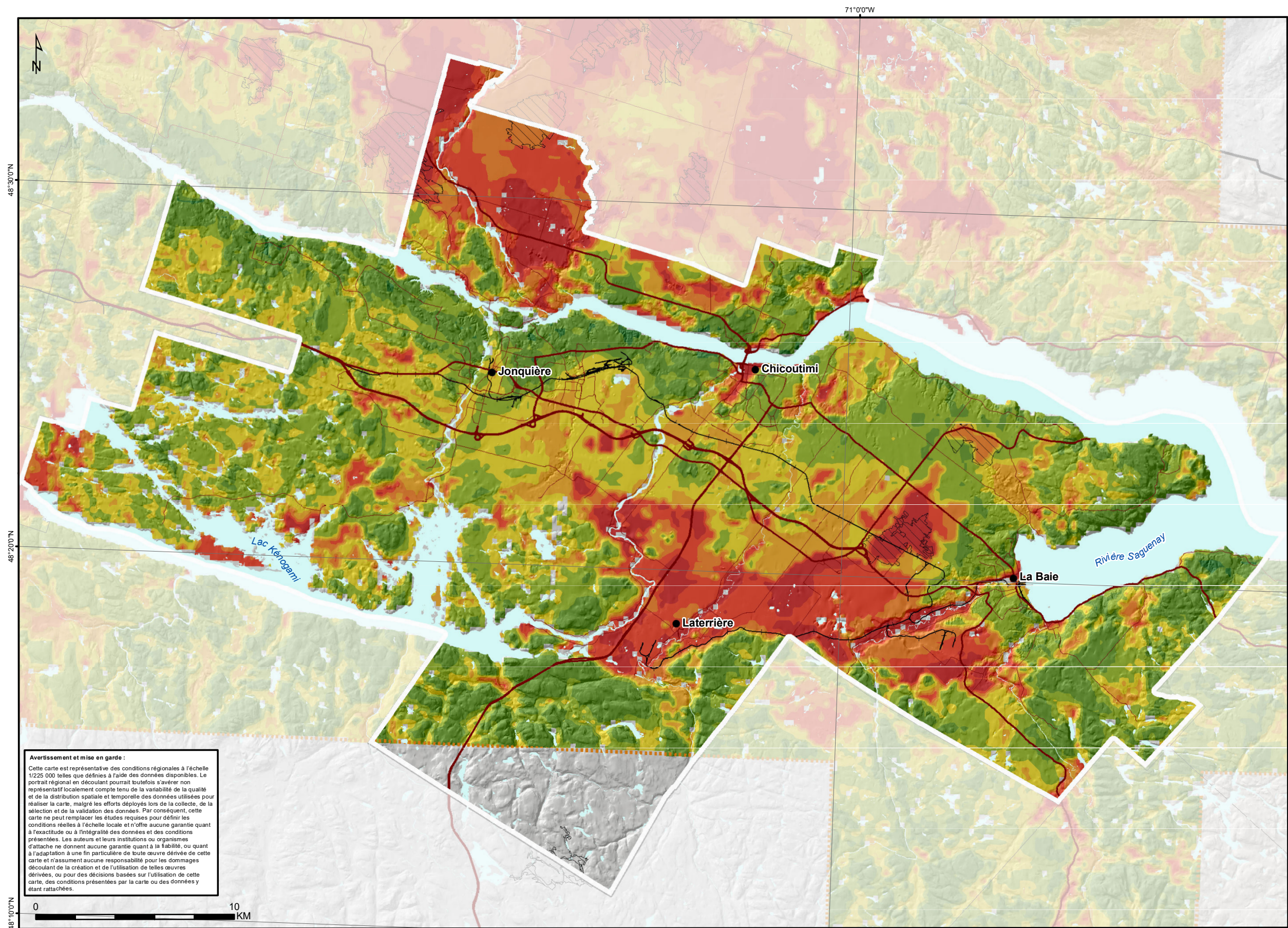
* NMM = Niveau moyen des mers.
À titre de référence l'élévation du lac Saint-Jean est d'environ 96 m p/r au NMM

Données produites par :
Équipe de recherche sur les eaux souterraines (CERM-PACES, 2013)

Carte éditée par : Équipe de recherche sur les eaux souterraines (CERM-ARIM'eau, 2020)

Logos des partenaires :

- CERM
- ARIM'eau
- UQAC
- MRC Domaine-du-Roy
- MRC de la Côte-Nord
- MRC de la Gaspésie
- MRC de la Haute-Côte-Nord
- MRC de la MRC de la Saguenay
- MRC de la MRC de la Saguenay



Carte #22
Vulnérabilité de l'aquifère
situé le plus près de la surface
VILLE DE SAGUENAY

Légende de la zone d'intérêt

▨ Milieux humides

▤ Limite de la zone de recharge estimée

Indice DRASTIC	Niveau de vulnérabilité
[45 - 60]	Faible
] 60 - 80]	
] 80 - 100]	
] 100 - 120]	Moyen
] 120 - 140]	
] 140 - 160]	
] 160 - 180]	Élevé
] 180 - 210]	

— Route principale
— Route locale

— Réseau ferroviaire

— Réseau hydrographique

⊕ Limites municipales

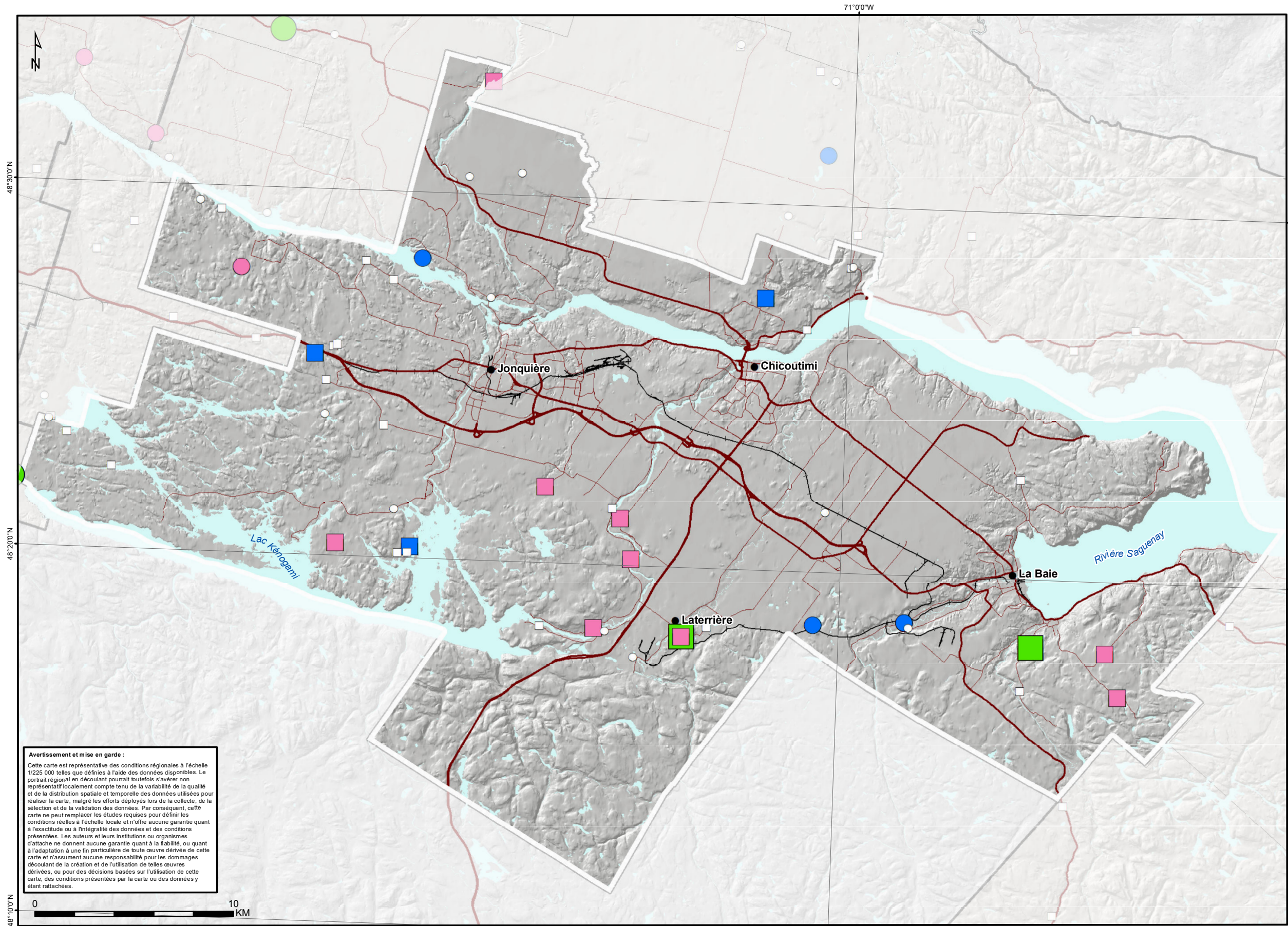
Données produites par :
Équipe de recherche sur les eaux souterraines (CERM-PACES, 2013)



Carte éditée par : Équipe de recherche sur les eaux souterraines (CERM-ARIM'eau, 2020)



Avertissement et mise en garde :
Cette carte est représentative des conditions régionales à l'échelle 1/250 000 telles que définies à l'aide des données disponibles. Le portrait régional en découlant pourrait toutefois s'avérer non représentatif localement compte tenu de la variabilité de la qualité et de la distribution spatiale et temporelle des données utilisées pour réaliser la carte, malgré les efforts déployés lors de la collecte, de la sélection et de la validation des données. Par conséquent, cette carte ne peut remplacer les études requises pour définir les conditions réelles à l'échelle locale et n'offre aucune garantie quant à l'exactitude ou à l'intégralité des données et des conditions présentées. Les auteurs et leurs institutions ou organismes d'attache ne donnent aucune garantie quant à la fiabilité, ou quant à l'adaptation à une fin particulière de toute œuvre dérivée de cette carte et n'assument aucune responsabilité pour les dommages découlant de la création et de l'utilisation de telles œuvres dérivées, ou pour des décisions basées sur l'utilisation de cette carte, des conditions présentées par la carte ou des données y étant rattachées.



Carte #25 (a)
Qualité de l'eau en fonction
des objectifs esthétiques
Dépassements pour les ions métalliques

VILLE DE SAGUENAY

Légende de la zone d'intérêt

Élément dont la concentration dépasse la norme

- Al
- Fe
- Mn
- Fe et Mn

- Aquifère granulaire**
- Aucun dépassement
 - 1 dépassement
 - 2 dépassements

- Aquifère rocheux**
- Aucun dépassement
 - 1 dépassement
 - 2 dépassements

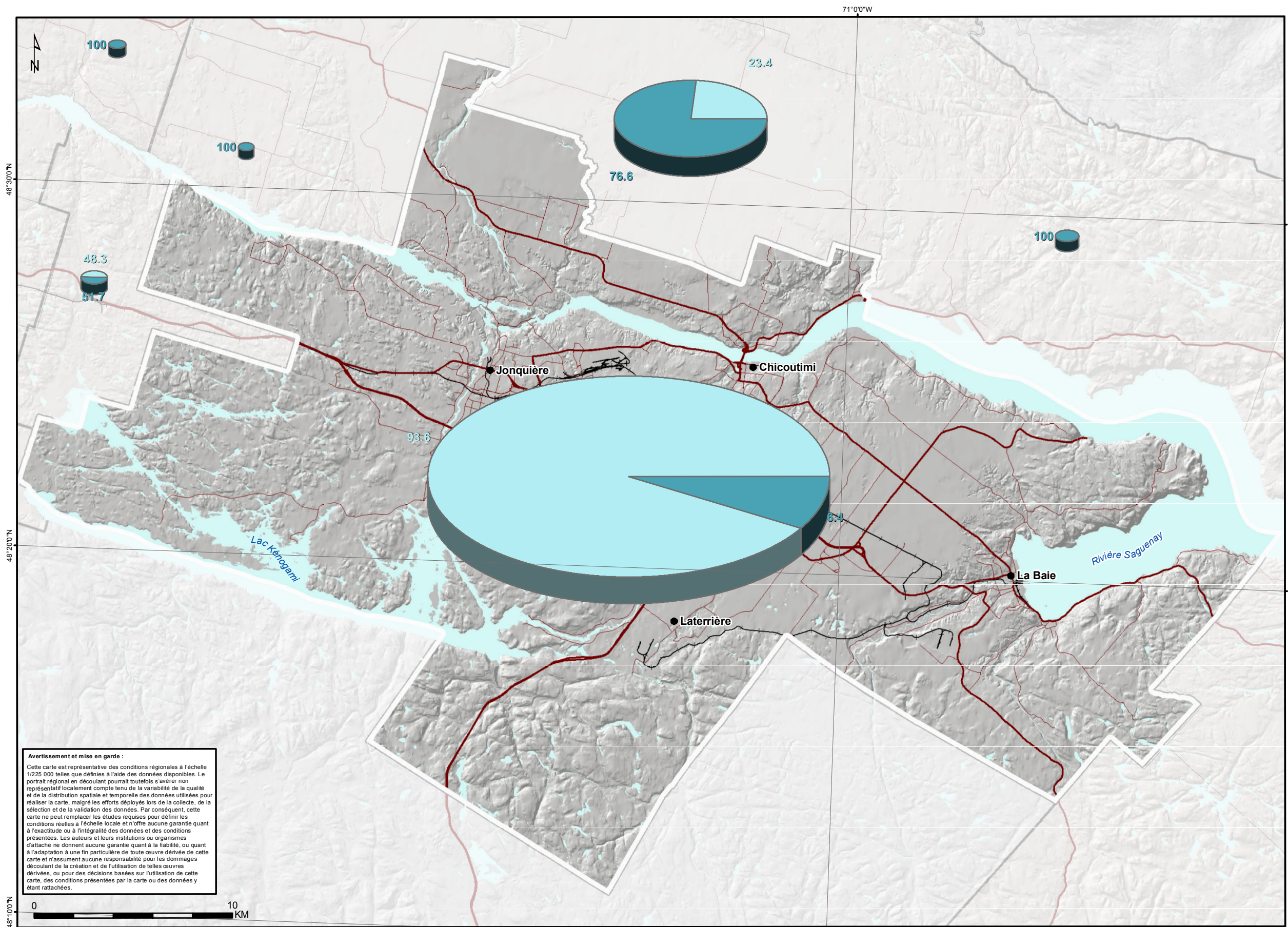
- Route principale
- Route locale
- Réseau ferroviaire
- Réseau hydrographique
- Limites municipales

Données produites par :
Équipe de recherche sur les eaux
souterraines (CERM-PACES, 2013)



Carte éditée par : Équipe de
recherche sur les eaux souterraines
(CERM-ARIM'eau, 2020)



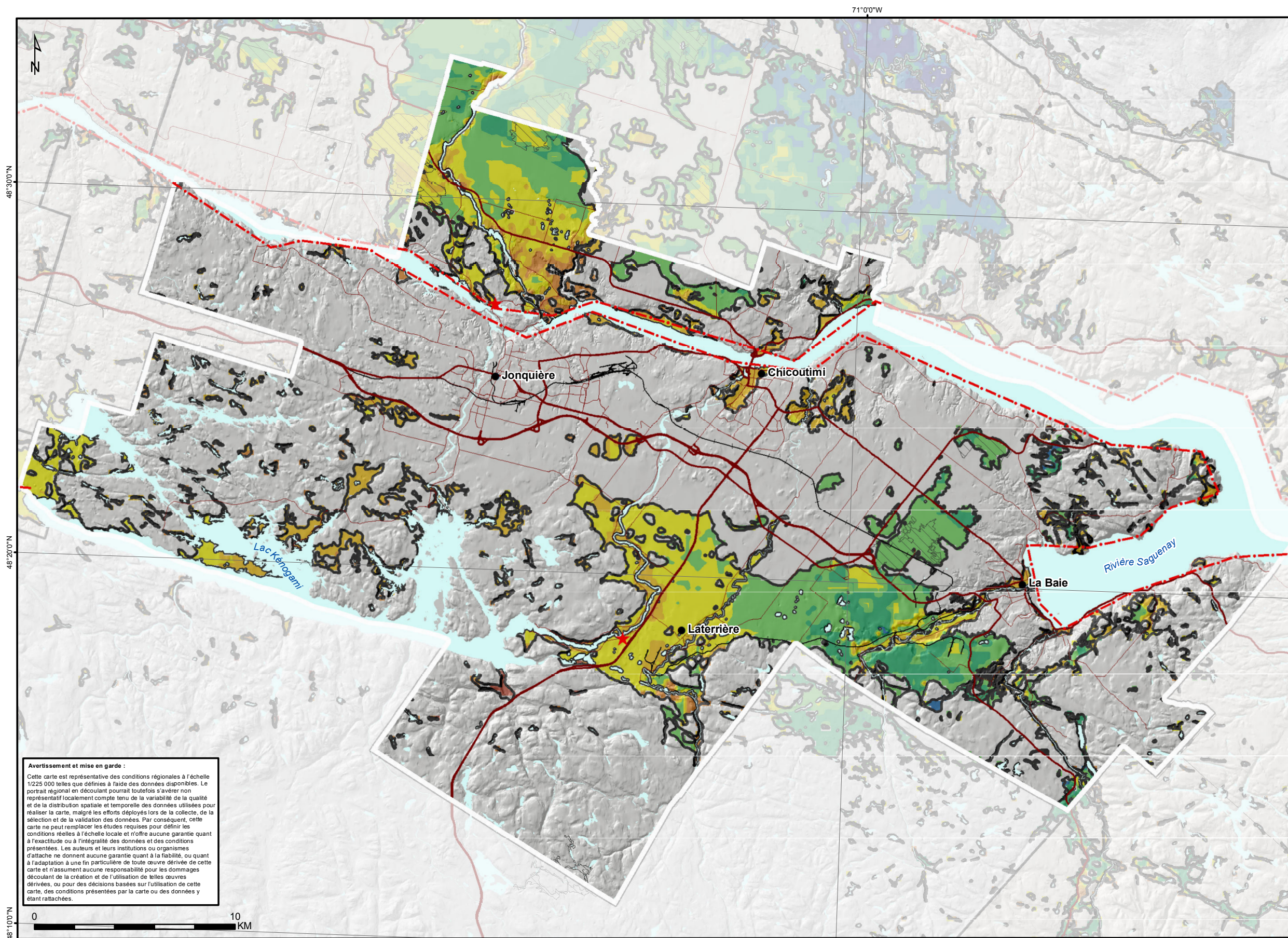


Données produites par :
Équipe de recherche sur les eaux
souterraines (CERM-PACES, 2013)



Carte éditée par : Équipe de
recherche sur les eaux souterraines
(CERM-ARIM'eau, 2020)





Carte #28
Zones de recharge préférentielle
et de résurgence

VILLE DE SAGUENAY

Légende de la zone d'intérêt

- ★ Source
- - - Zone potentielle de suintement
- ▨ Milieux humides
- ⊞ Limite des zones de recharge préférentielle¹

Recharge annuelle (mm/an)²

[700 - 775]
[650 - 700]
[600 - 650]
[550 - 600]
[500 - 550]
[450 - 500]
[400 - 450]
[375 - 400]

- Route principale
- Route locale
- Réseau ferroviaire
- Réseau hydrographique
- ⊞ Limites municipales

¹Correspond aux milieux aquifères affluents de la carte #18 Épaisseur et limites des aquifères régionaux.

²Valeurs indiquées uniquement à l'intérieur des zones

Données produites par :
Équipe de recherche sur les eaux souterraines (CERM-PACES, 2013)

Données mises à jour par :
Équipe de recherche sur les eaux souterraines (CERM-ARIM'eau, 2020)



Carte éditée par : Équipe de recherche sur les eaux souterraines (CERM-ARIM'eau, 2020)



Avertissement et mise en garde :

Cette carte est représentative des conditions régionales à l'échelle 1:225 000 telles que définies à l'aide des données disponibles. Le portrait régional en découplant pourrait toutefois s'avérer non représentatif localement compte tenu de la variabilité de la qualité et de la distribution spatiale et temporelle des données utilisées pour réaliser la carte, malgré les efforts déployés lors de la collecte, de la sélection et de la validation des données. Par conséquent, cette carte ne peut remplacer les études requises pour définir les conditions réelles à l'échelle locale et n'offre aucune garantie quant à l'exactitude ou à l'intégralité des données et des conditions présentées. Les auteurs et leurs institutions ou organismes d'attache ne donnent aucune garantie quant à la fiabilité, ou quant à l'adaptation à une fin particulière de toute œuvre dérivée de cette carte et n'assument aucune responsabilité pour les dommages découlant de la création et de l'utilisation de telles œuvres dérivées, ou pour des décisions basées sur l'utilisation de cette carte, des conditions présentées par la carte ou des données y étant rattachées.

INDEX DES ATLAS PERSONNALISÉS

- CERM-ARIM'eau (2020) – Atlas des connaissances sur les eaux souterraines du Saguenay-Lac-Saint-Jean – Communauté de Mashteuiatsh. Centre d'études sur les ressources minérales, Université du Québec à Chicoutimi.
- CERM-ARIM'eau (2020) – Atlas des connaissances sur les eaux souterraines du Saguenay-Lac-Saint-Jean – MRC de Lac-Saint-Jean-Est. Centre d'études sur les ressources minérales, Université du Québec à Chicoutimi.
- CERM-ARIM'eau (2020) – Atlas des connaissances sur les eaux souterraines du Saguenay-Lac-Saint-Jean – MRC du Domaine-du-Roy. Centre d'études sur les ressources minérales, Université du Québec à Chicoutimi.
- CERM-ARIM'eau (2020) – Atlas des connaissances sur les eaux souterraines du Saguenay-Lac-Saint-Jean – MRC de Maria-Chapdelaine. Centre d'études sur les ressources minérales, Université du Québec à Chicoutimi.
- CERM-ARIM'eau (2020) – Atlas des connaissances sur les eaux souterraines du Saguenay-Lac-Saint-Jean – MRC du Fjord-du-Saguenay. Centre d'études sur les ressources minérales, Université du Québec à Chicoutimi.
- CERM-ARIM'eau (2020) – Atlas des connaissances sur les eaux souterraines du Saguenay-Lac-Saint-Jean – Ville de Saguenay. Centre d'études sur les ressources minérales, Université du Québec à Chicoutimi.

RÉFÉRENCES

- CERM-ARIM'eau (2020) – Rapport d'activités du projet d'accompagnement et de transfert des données sur les eaux souterraines réalisé au Saguenay-Lac-Saint-Jean. Centre d'études sur les ressources minérales, Université du Québec à Chicoutimi.
- CERM-PACES (2013). Atlas des eaux souterraines du Saguenay-Lac-Saint-Jean. Centre d'études sur les ressources minérales, Université du Québec à Chicoutimi.
- CERM-PACES (2013). Résultats du programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines de la région Saguenay-Lac-Saint-Jean. Centre d'études sur les ressources minérales, Université du Québec à Chicoutimi.
- DAIGNEAULT, R.A., Cousineau, P.A., Leduc, E., Beaudoin, G., Milette, S., Horth, N., Roy, D.W., Lamothe, M. et Allard, G. (2011). Cartographie des formations superficielles réalisées dans le territoire municipalité du Saguenay – Lac-Saint-Jean (Québec) entre 2009 et 2011. Rapport final, ministère des Ressources naturelles, GM 65970, 44 p.
- FREEZE, A. R. et Cherry, J. A. (1979). Groundwater (1re éd.). (s. l.) : Prentice Hall.
- MAMH – Répertoire des municipalités du Saguenay-Lac-Saint-Jean (2020). Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation. <https://www.mamh.gouv.qc.ca/repertoire-des-municipalites/fiche/region/02/> [consulté le 01 décembre 2020]
- MELCC - Eau potable. (2020). Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. <http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/potable/> [consulté le 01 décembre 2020]
- ROULEAU, A., Walter, J., Daigneault, R., Chesnaux, R., Roy, D., Lambert, M., Moisan, A., Noël, D. (2011). Un aperçu de la diversité hydrogéologique du territoire du Saguenay-Lac-Saint-Jean (Québec). Communication présentée au Geohydro 2011, Québec (Canada)
- SANTÉ CANADA - Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. (2019). Santé Canada. www.canada.ca/fr/sante-canada.html. [consulté le 01 décembre 2020]



Ville de Saguenay

cerm.uqac.ca